

CHAPITRE 3

BASES GÉNÉRALES DE CONCEPTION DES OUVRAGES, MATÉRIELS ET SYSTÈMES – INSTALLATION GÉNÉRALE

3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE SÛRETÉ

3.2 CLASSEMENT DES OUVRAGES, MATÉRIELS ET SYSTÈMES

3.3 PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS EXTERNES

3.4 PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS INTERNES

3.5 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES SISMIQUES DE CATÉGORIE 1

3.6 SYSTÈMES ET COMPOSANTS MÉCANIQUES

3.7 QUALIFICATION DES EIPS POUR LEUR RÔLE DANS LA DEMONSTRATION DE SURETE

3.8 RISQUES CLASSIQUES D'ORIGINE NON NUCLÉAIRE

3.9 ACCESSIBILITÉ POST-ACCIDENTELLE COURT ET MOYEN TERME

3.ANNEXE3 CODES DE CALCUL UTILISÉS DANS LE CHAPITRE 3

SOMMAIRE

.3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE SÛRETÉ	3
1. OBJECTIFS ET PRINCIPES DE SÛRETÉ	3
1.1. INTRODUCTION	3
1.1.1. CONTEXTE	3
1.1.2. OBJECTIFS GÉNÉRAUX	3
1.2. LA DÉMARCHE DE CONCEPTION DE L'EPR ET LE CONTENU DU RDS	5
1.2.1. LA DÉMARCHE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR ET LES DIFFÉRENTES BARRIÈRES DE CONFINEMENT	7
1.2.2. INTÉGRATION DE L'EXPLOITATION ET DE LA MAINTENANCE À LA CONCEPTION : LES EFFETS D'ARCHITECTURE	18
1.2.3. LE CADRE DU DIMENSIONNEMENT	20
1.2.4. LES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES	27
1.2.5. LE CLASSEMENT DE SÛRETÉ ET LES EXIGENCES ASSOCIÉES	29
1.2.6. LES OUTILS DE DIMENSIONNEMENT	34
1.2.7. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	36
1.2.8. LA JUSTIFICATION ET L'OPTIMISATION DE LA CONCEPTION	38
LISTE DES RÉFÉRENCES.	43

FIGURES :

FIG–3.1.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DES CIRCUITS PRIMAIRES ET SECONDAIRES PRINCIPAUX DE L'EPR.....	44
FIG–3.1.2 SCHÉMA DE PRINCIPE DU CONFINEMENT DE L'EPR - BÂTIMENT RÉACTEUR ET BÂTIMENTS PERIPHÉRIQUES	45
FIG–3.1.3 PRINCIPALES DONNÉES EN TERMES DE PRESSION DANS L'ENCEINTE EPR.....	46

.3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE SÛRETÉ

1. OBJECTIFS ET PRINCIPES DE SÛRETÉ

1.1. INTRODUCTION

1.1.1. CONTEXTE

Le présent chapitre a pour objectif de décrire l'approche de sûreté mise en œuvre à la conception de la tranche EPR en tenant compte des exigences exprimées par l'Autorité de Sûreté Nucléaire dans sa lettre de 1993 relative à la troisième génération de réacteurs de la filière à eau pressurisée (cf. [Réf \[1\]](#)).

Du fait de l'étendue de ce sujet, le présent chapitre se veut être à la fois une synthèse des exigences retenues par le concepteur à la conception du réacteur et une description des principales orientations techniques retenues pour satisfaire ces exigences. Il oriente vers les autres chapitres du Rapport de Sûreté dans lesquels les exigences de sûreté applicables aux domaines traités sont décrites de manière détaillée dans le cadre de sections spécifiques portant dans leur numérotation la référence « zéro ».

Le présent chapitre contient lorsque nécessaire des descriptions « historiques » permettant d'apporter au lecteur des éléments de compréhension logique de certaines orientations techniques.

1.1.2. OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Le réacteur EPR (European Pressurized Reactor) est conçu autour d'un îlot nucléaire de la filière à eau sous pression développé en commun par les industries nucléaires française et allemande. Ce réacteur appartient à la troisième génération de cette filière et bénéficie de par sa conception évolutionnaire de l'expérience internationale acquise tant au niveau de l'exploitation de la filière PWR dans l'ensemble des pays occidentaux que de l'expérience de conception des ingénieries française et allemande.

En regard de la précédente génération de réacteurs, le réacteur EPR a pour ambition de fournir une énergie électrique à un prix compétitif tout en atteignant un niveau de sûreté significativement supérieur. La recherche de cette avancée dans le domaine de la sûreté ne signifie pas une volonté de démoder la génération actuelle de réacteurs en exploitation. Elle a au contraire pour objectif de tirer tout le bénéfice de l'expérience de plusieurs milliers d'années - réacteur et d'intégrer à la conception de cette nouvelle génération l'ensemble de la connaissance acquise durant les quarante dernières années et dont l'exploitation future permettra encore de recueillir des données très utiles pour l'avenir de la filière REP.

La démarche de sûreté mise en œuvre à la conception est basée sur le concept de défense en profondeur, celui-ci se traduisant par un empilement de dispositions (ou lignes de défense) visant à pallier les défaillances techniques ou humaines.

La défense en profondeur telle qu'elle est présentée internationalement et en particulier dans les documents de l'INSAG (International Nuclear Safety Group) de l'AIEA (Agence Internationale pour l'Energie Atomique) – voir en particulier les prescriptions de sûreté AIEA SSR-2/1 - est ainsi généralement structurée en cinq niveaux :

- 1) Le premier niveau est une combinaison de marges de conception, d'assurance de la qualité et d'activités de contrôle propres à prévenir l'apparition de conditions anormales de fonctionnement ou de défaillances.
- 2) Le second niveau consiste en la mise en place de dispositifs de protection permettant de détecter et de corriger les effets des écarts au fonctionnement normal ou les effets des défaillances des systèmes. Ce niveau de défense est destiné à assurer l'intégrité de la gaine du combustible et celle du circuit primaire de manière à éviter les accidents.

- 3) Le troisième niveau est assuré par les systèmes de sauvegarde, les protections et les procédures de conduite qui permettent de maîtriser les conséquences des accidents susceptibles de survenir de manière à confiner les substances radioactives et éviter qu'ils ne dégénèrent en accident avec fusion du cœur.
- 4) Le quatrième niveau comprend les mesures destinées à préserver l'intégrité de l'enceinte et à permettre la maîtrise d'un hypothétique accident avec fusion du cœur.
- 5) Le cinquième niveau comprend, en cas d'échec ou d'efficacité insuffisante des mesures précédentes, l'ensemble des mesures de protection des populations en cas de rejets importants.

L'atteinte d'un niveau de sûreté significativement supérieur pour le réacteur EPR est réalisée d'une part en facilitant l'exploitation et la maintenance du réacteur et d'autre part en réduisant les conséquences potentielles immédiates et différées de son exploitation tant vis à vis de son environnement proche (en particulier vis à vis de la population qui l'entoure) que du personnel qui l'exploite. De plus, les actions de recherche et développement conduites notamment dans le domaine des accidents avec fusion du cœur contribuent à la connaissance des phénomènes mis en jeu, à leur prise en compte à la conception et donc à l'amélioration de niveau de sûreté.

Sur le plan de la réduction des conséquences potentielles, la conception du réacteur est, en termes de sûreté, essentiellement orientée vers une amélioration de la démarche de défense en profondeur, dans quatre voies principales :

- La réduction et la prise en compte de l'ensemble des initiateurs simples (transitoires, incidents et accidents) susceptibles de survenir durant les différents états que le réacteur peut être conduit à rencontrer pendant son exploitation, qu'il s'agisse des états en puissance, des états intermédiaires ou des états d'arrêt avec le cœur complètement déchargé dans la piscine de désactivation du combustible. La prise en compte des agressions internes sur une base déterministe selon un principe d'étude similaire à ceux des événements initiateurs simples participe au renforcement de la démarche de défense en profondeur.
- La prise en compte des agressions externes à des niveaux de sévérité élevés, qu'il s'agisse des agressions d'origine humaine (chute d'avion, explosion, ...) ou des agressions d'origine naturelle (séisme, températures extrêmes, ...). Au delà des cas de charge qu'elles constituent, certaines de ces agressions font l'objet d'études de leurs conséquences en particulier vis à vis des initiateurs internes qu'elles sont susceptibles de provoquer.
- La prise en compte des hypothétiques accidents avec fusion du cœur dès la conception du projet en considérant les différentes situations susceptibles de survenir et en assurant "l'élimination pratique" des événements et des séquences susceptibles d'avoir un impact important sur l'environnement, par la mise en place de dispositions physiques visant à éviter leur apparition durant la durée vie de la centrale. Pour les événements non éliminés, la maîtrise des rejets est réalisée au travers d'un renforcement du confinement, ce qui implique la recherche systématique ainsi que le traitement de toutes les situations pouvant conduire à un bipasse de ce confinement.
- L'utilisation à la conception des Études Probabilistes de Sûreté pour la confirmation des orientations techniques ainsi que pour la détermination des défaillances multiples à considérer dans le dimensionnement de manière à prévenir les accidents avec fusion cœur. Dans ce cadre, l'objectif global de fusion cœur de 10^{-5} par tranche et par année d'exploitation, tout type de défaillances et d'agressions pris en compte, est utilisé pour fournir des objectifs intermédiaires d'études et valider certaines options de conception.

En complément du renforcement de la démarche de défense en profondeur, un effort significatif est effectué à la conception du réacteur avec pour objectif :

- de réduire les effluents et déchets issus de l'exploitation du réacteur ainsi que ceux dus aux futures opérations de démantèlement,
- d'améliorer les conditions d'exploitation en permettant la réalisation en puissance d'une partie des opérations de maintenance et en réduisant par des dispositions de conception les doses prises par le personnel tant de manière collective qu'individuelle,
- de considérer, en complément des risques nucléaires, l'ensemble des risques dits « classiques » générés par l'installation vis à vis son environnement.

Enfin, la prise en compte par EDF du retour d'expérience (REX) de l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi, survenu en mars 2011, a conduit à quelques évolutions supplémentaires de l'EPR de Flamanville 3. Ces évolutions sont relativement mineures dans la mesure où les améliorations de sûreté apportées à la conception de l'EPR répondent déjà en grande partie aux exigences post-Fukushima.

La prise en compte du REX de l'accident de Fukushima est présentée au chapitre 21.

L'approfondissement de la démarche de sûreté et les évolutions significatives apportées à la conception du réacteur EPR en tant que produit de la troisième génération de la filière REP sont présentés et développés dans la suite de ce chapitre tout d'abord sous la forme de principes généraux puis au travers d'une orientation vers chacun des chapitres concernés par la présentation détaillée et plus particulièrement les sections spécifiques portant dans leur numérotation la référence « zéro ».

1.2. LA DÉMARCHE DE CONCEPTION DE L'EPR ET LE CONTENU DU RDS

La bonne compréhension des éléments intégrés dans le Rapport de Sûreté nécessite de rappeler les principales phases de conception de la tranche EPR et de situer les études actuelles vis à vis de l'objectif final de mise en exploitation de ce réacteur.

En tant que projet « évolutionnaire » prenant comme base les derniers réacteurs mis en exploitation en France et en Allemagne, le projet EPR a fait l'objet d'un processus d'harmonisation des démarches de sûreté françaises et allemandes qui s'est concrétisé :

- au niveau des Autorités de Sûreté par la publication en juillet 1993 d'une « déclaration conjointe des Autorités de Sûreté française et allemande sur une approche commune de sûreté pour les réacteurs à eau sous pression du futur », déclaration reprise par la lettre DSIN n° 1321/93 du 22 juillet 1993 (cf. [Réf \[1\]](#)),
- au niveau du concepteur par l'édition en août 1993 du Conceptual Safety Features Review File (CSFRF) décrivant les principales options de sûreté proposées pour le projet EPR.

L'ensemble des exigences et orientations contenues dans ces deux documents a servi de données d'entrée aux études de la phase d'avant-projet-sommaire dite « Basic Design Phase » qui s'est conclue par l'envoi à l'Autorité de Sûreté d'un premier dossier de synthèse des études (Basic Design Report) en octobre 1997.

Dans le but d'améliorer la compétitivité du projet, le concepteur a alors engagé une phase complémentaire d'études dite « Basic Design Optimisation Phase » au cours de laquelle des paramètres importants de la conception ont fait l'objet d'une évolution et d'une optimisation. Le niveau de puissance du réacteur, l'installation des équipements à l'intérieur des principaux bâtiments de l'îlot nucléaire et la conception des systèmes de sûreté ont été concernés par cette phase complémentaire qui s'est conclue par l'envoi à l'Autorité de Sûreté d'une nouvelle version du « Basic Design Report » en février 1999.

A la suite de la remise de ce rapport, le concepteur a engagé une ultime phase d'étude appelée « Post BDOP phase » avec pour objectif de préparer les études de détail du réacteur EPR et d'apporter des précisions et des compléments d'information à l'Autorité de Sûreté dans le cadre de l'instruction par celle-ci des orientations techniques contenues dans le « Basic Design Report ». Une partie de ces compléments d'information a donné lieu, de la part du concepteur, à la prise formelle d'engagements sur les orientations techniques à mettre en œuvre dans le cadre des études de détail. Ces engagements ainsi que la synthèse de l'examen des options de sûreté réalisée lors des séances du « GPR/German experts » des 19 et 26 octobre 2000 mettent un terme à la phase d'avant-projet détaillé du projet de réacteur EPR.

Cet examen s'est conclu par l'émission des « Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression » (cf. [Réf \[2\]](#)).

Le projet EPR est passé ensuite dans la phase de préparation des études détaillées qui a été marquée :

- le 28 septembre 2004 par la lettre des pouvoirs publics (cf. [Réf \[3\]](#)) quant aux options de sûreté du projet de réacteur EPR. Celle-ci confirme le statut d'exigence de sûreté des « Directives Techniques ».
- le 21 octobre 2004 par la décision d'EDF d'implanter un réacteur tête de série sur le site de Flamanville (Manche),
- par l'envoi à l'ASN en mai 2006 du Rapport Préliminaire de Sûreté de Flamanville 3, supportant la demande d'autorisation de création de l'installation,
- le 10 avril 2007 par le décret n°2007-534 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche).

Les aspects réglementaires de la conception sont développés dans les sous-chapitre 1.6 et sous-chapitre 1.7 du RDS

Le projet EPR est entré alors dans la phase de réalisation des études détaillées et de construction, avec le premier béton coulé le 3 décembre 2007.

L'Autorité de Sûreté Nucléaire a précisé certaines attentes spécifiques à l'installation de Flamanville 3 par la décision n° 2008-DC-0114 du 26 septembre 2008 fixant à Electricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions relatives au site électronucléaire de Flamanville (Manche) pour la conception et la construction du réacteur « Flamanville 3 » (INB n° 167) et pour l'exploitation des réacteurs « Flamanville 1 » (INB n° 108) et « Flamanville 2 » (INB n° 109).

Dans ce cadre, le présent Rapport de Sûreté est un document de synthèse réglementaire requis en vue de la mise en service au titre de l'article R593-30 du code de l'environnement relatif aux installations nucléaires de base. Le Rapport de Sûreté comporte les éléments permettant d'apprécier la conformité au DAC et aux prescriptions techniques. Le Rapport de Sûreté est une mise à jour du Rapport Préliminaire de Sûreté qui tient compte notamment des compléments d'études détaillées et des demandes de l'ASN. Enfin une mise à jour sera produite à l'occasion de l'élaboration du dossier de fin de démarrage pour intégrer notamment le retour d'expérience des essais de démarrage.

Sur le plan de son contenu, le Rapport de Sûreté comprend vingt-et-un chapitres dont la liste est fournie en en-tête du premier volume. Certains de ces chapitres ou de leurs sections portent dans leur numérotation la référence « zéro » qui a pour objet d'indiquer qu'ils renferment des exigences de sûreté applicables au sujet traité. La présentation de ces exigences fait l'objet d'une codification qui tient compte de la nature du contenu du chapitre concerné (système élémentaire, agression, étude d'accident, ...).

Sur le plan des données d'entrée du présent Rapport de Sûreté, les principaux paramètres du réacteur sont présentés à titre indicatif dans le tableau ci-dessous dans la colonne correspondant à la puissance thermique nominale d'utilisation de 4300 MWth dans le cadre de l'autorisation de mise en service. En regard de cette colonne figurent les valeurs de ces mêmes paramètres pour les principales caractéristiques du palier N4.

Paramètres	Unité	RDS EPR	N4
Puissance thermique cœur ¹	MWth	4300	4250
Puissance électrique nette	MWe	1548	1450
Pression primaire	bar abs	155	155

1. La puissance thermique maximale de dimensionnement autorisée par le Décret D'Autorisation de Création est de 4500 MWth.

Paramètres	Unité	RDS EPR	N4
Température entrée cuve (BE)	°C	295,7	292,2
Température sortie cœur (BE)	°C	327,3	329
Température ARE à 100% Pn	°C	227,3	229,5
Débit boucle (BE)	m ³ /h	28330	24850
Pression saturation GV	bar abs	78	71
Surface faisceau GV ²	m ²	7960	7308
Volume enceinte minimisé	m ³	78000	72700

Une comparaison plus complète des différents paramètres de conception et de fonctionnement du réacteur EPR et des réacteurs de dernière génération française (palier N4) et allemande (réacteurs Konvoi) est présentée dans le sous-chapitre 1.3 du Rapport de Sécurité.

1.2.1. LA DÉMARCHE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR ET LES DIFFÉRENTES BARRIÈRES DE CONFINEMENT

1.2.1.1. APPLICATION DE LA DÉMARCHE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR

1.2.1.1.1. DÉFINITION DES NIVEAUX DE DÉFENSE EN PROFONDEUR

Comme précisé au § 1.1.2. précédent, la conception et l'exploitation des tranches reposent sur l'application du principe de défense en profondeur.

Les différentes conditions de fonctionnement considérées dans le cadre des études de conception et de vérification de la conception (§ 1.2.3.1., § 1.2.3.2. et § 1.2.3.3. peuvent être associées aux niveaux de défense en profondeur de la manière suivante :

- 1^{er} niveau : fonctionnement normal. Ce niveau correspond aux conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégorie 1, § 1.2.3.1.. L'objectif est de maintenir les paramètres physiques et les composants de l'installation dans les limites prévues pour une exploitation normale de la tranche, de manière à prévenir les défaillances.
- 2^{ème} niveau : transitoires. Ce niveau correspond aux conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégorie 2, § 1.2.3.1.. L'objectif est de maintenir l'intégrité des barrières de confinement, § 1.2.1.2..
- 3^{ème} niveau : incidents et accidents. Ce niveau est constitué de deux types de situations accidentelles :
 - Les incidents et accidents correspondant à des initiateurs simples, peu probables, mais susceptibles de conduire à des conséquences sévères. Ce sont les conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégories 3 et 4, § 1.2.3.1..
 - Les accidents correspondant à des défaillances multiples (défaillances de mode commun, ou échec d'un système de sûreté sollicité après un initiateur simple). Ce sont les conditions de fonctionnement RRC-A, § 1.2.3.2..

Les accidents peuvent conduire à l'endommagement d'une ou plusieurs barrières de confinement, mais en aucun cas de toutes les barrières. L'objectif est de limiter les conséquences radiologiques et de prévenir la fusion du cœur.

2. Hors bouchage de tube GV

- 4^{ème} niveau : Ce niveau correspond aux situations hypothétiques avec fusion du cœur [§ 1.2.3.3.](#). L'objectif est de limiter les conséquences radiologiques, en évitant notamment les rejets importants et précoces.

L'atteinte des objectifs assignés à chacun des niveaux de la défense en profondeur repose sur la mise en œuvre de dispositions et de moyens, qui sont essentiellement les suivants :

BR

- 1^{er} niveau : conception robuste des systèmes, structures et composants, qualité des études de conception, qualité de fabrication et de montage, surveillance en exploitation ; régulation des paramètres physiques de l'installation ; automatismes visant à ramener l'installation dans son domaine de fonctionnement normal avant sollicitation des systèmes de protection.
- 2^{ème} niveau : arrêt automatique du réacteur (chute des grappes) ; évacuation de la puissance résiduelle par les GV.
- 3^{ème} niveau : systèmes de sauvegarde et leurs systèmes supports (voir définition au chapitre 0) ; dispositions RRC-A, [§ 1.2.3.3.](#)
- 4^{ème} niveau : équipements utilisés en situation d'hypothétique accident avec fusion du cœur, notamment ceux participant à la fonction de confinement [§ 1.2.3.3.](#)

BK

- 1^{er} niveau : conception robuste des systèmes, structures et composants, qualité des études de conception, qualité de fabrication et de montage, surveillance en exploitation ; régulation des paramètres physiques de l'installation ;
- 2^{ème} niveau : détection de la perte de refroidissement, évacuation de la puissance résiduelle par les trains PTR ;
- 3^{ème} niveau : systèmes de sauvegarde (voir définition au chapitre 0) et leurs systèmes supports (voir définition au chapitre 0) ; dispositions RRC-A (cf. [§ 1.2.3.3.](#)) ;

Il n'y a donc pas de 4^{ème} niveau pour le BK, les dispositions mises en œuvre sur les trois premiers niveaux permettant de pratiquement éliminer le risque de découverture du combustible.

1.2.1.1.2. INDÉPENDANCE DES NIVEAUX DE DÉFENSE EN PROFONDEUR

L'un des moyens d'atteindre un niveau de sûreté élevé de l'installation est de faire en sorte que les niveaux successifs de défense en profondeur soient suffisamment indépendants pour que la défaillance d'un niveau de défense en profondeur ne conduise pas à la défaillance du ou des niveaux suivants.

Ainsi, on vérifie dans les études des conditions de fonctionnement de catégorie 2 (voir sous-chapitre 15.2) que les systèmes de protection utilisés dans le 2^{ème} niveau de la défense en profondeur permettent d'éviter qu'un incident ne conduise à un accident.

Au cas où la défaillance d'un système du 2^{ème} niveau de la défense en profondeur conduirait à une situation du 3^{ème} niveau de la défense en profondeur, on vérifie également que les systèmes nécessaires à la prévention de la fusion du cœur sont indépendants des systèmes dont la défaillance a causé la dégradation de la situation. Ces situations, correspondant à des défaillances multiples, sont étudiées dans le domaine RRC-A (voir sous-chapitre 19.1).

Le 4^{ème} niveau de défense en profondeur vise prioritairement à préserver l'intégrité de la 3^{ème} barrière de confinement, de manière à limiter les conséquences d'un hypothétique accident avec fusion du cœur sur l'environnement. Les moyens mis en œuvre dans cet objectif sont notamment : la ligne de décharge AG du pressuriseur, l'EVU et les recombineurs d'hydrogène permettant d'éviter une explosion d'hydrogène dans le bâtiment réacteur.

Au final, la mise en œuvre du principe de défense en profondeur permet d'atteindre un niveau de sûreté élevé de l'installation, par la mise en place de systèmes et équipements fiables et diversifiés garantissant l'accomplissement des fonctions fondamentales de sûreté en toute circonstance.

Ce niveau de sûreté est quantifié au travers des EPS de niveau 1 et de niveau 2, [§ 1.2.6.1.](#)

Les EPS de niveau 1 BR et BK (cf. [§ 1.2.6.1.](#)) évaluent respectivement le risque de fusion du cœur et de découverture du combustible en piscine. Elles permettent notamment de vérifier l'absence de séquences accidentelles conduisant à la fusion du combustible et ayant une probabilité d'occurrence jugée trop élevée³. Ceci permet de valider la suffisance de la fiabilité et de l'indépendance des matériels et équipements utilisés dans les niveaux 1 à 3 de la défense en profondeur.

L'EPS de niveau 2, [§ 1.2.6.1.](#) permet de vérifier que le risque de rejets importants et précoces est extrêmement improbable, validant ainsi la suffisance de l'indépendance du niveau 4 de la défense en profondeur par rapport aux niveaux précédents.

1.2.1.2. LE CONFINEMENT

Le principe de défense en profondeur est tout particulièrement mis en œuvre au niveau de chacune des barrières interposées entre le combustible nucléaire et la population. Ces barrières physiques sont :

- 1^{ère} barrière : la gaine des crayons combustible. Elle vise à éviter ou à défaut limiter la dispersion des produits radioactifs issus du combustible.
Cet aspect de la conception, en particulier les exigences associées, est développé dans le paragraphe 0 du sous-chapitre 4.2.
- 2^{ème} barrière: le circuit primaire principal (CPP), tel que défini par l'article 1^{er} de l'arrêté du 10 novembre 1999 modifié. Il limite la dispersion des produits radioactifs issus du combustible qui, dans certaines conditions accidentelles, pourraient s'échapper de la gaine du combustible. Elle constitue également une barrière pour les produits activés en solution ou en suspension dans le fluide primaire.
Cet aspect de la conception, en particulier les exigences associées, est développé dans le sous-chapitre 5.0.
- 3^{ème} barrière: Limite la dispersion des produits radioactifs qui pourraient s'échapper de la gaine du combustible et du circuit primaire dans certaines conditions accidentelles.
La troisième barrière est principalement constituée de :
 - L'enceinte interne du bâtiment réacteur, constituée par la paroi interne, le radier, et le liner ;
 - L'enveloppe externe des générateurs de vapeur (viroles extérieures, plaques tubulaires et les faisceaux de tubes) et les tuyauteries du secondaire qui répondent à la définition de « circuit fermé dans l'enceinte » (voir définition dans la section 6.2.1) ;
 - Le système d'isolement de l'enceinte comprenant tous les organes d'isolement des circuits traversant l'enceinte, ainsi que les portions de tuyauterie les reliant entre eux dont le tube transfert entre le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible ainsi que les traversées électriques ;
 - Les sas d'accès pour le personnel et les matériels.

La notion d'extension de la troisième barrière est définie dans la section 6.2.1.

La fonction confinement de l'EPR repose également sur la collecte et/ou filtration des fuites. L'EPR de Flamanville 3 possède une enceinte externe en complément de l'enceinte interne. La mise en dépression de l'espace entre enceintes pour collecter les fuites de la paroi interne et les filtrer avant rejet à l'extérieur participe à la fonction confinement. De même, le confinement statique ou dynamique des bâtiments périphériques (BAS, BK, BAN et BTE), qui collectent les fuites du BR ou des rejets internes à ces bâtiments, participe à la fonction confinement. Les exigences en sont détaillées à la section 6.2.1.

3. De telles séquences pourraient notamment apparaître si la défaillance d'un équipement ou système conduisait à la perte simultanée de plusieurs niveaux de défense en profondeur.

1.2.1.2.1. CONCEPTION DE LA PREMIÈRE BARRIÈRE DU CONFINEMENT

Le cœur du réacteur EPR comprend 241 assemblages, de section unitaire 17 x 17 et comportant chacun 24 tubes guides et 265 crayons. Cette conception autorise une puissance linéique basse et participe à la préservation de marges cœur (exploitation et accidents) tout en permettant la mise en œuvre des plans de chargement les plus performants de type « faibles fuites neutroniques ». Le taux de combustion maximal visé est cohérent avec celui qu'il est prévu de mettre en œuvre à moyen terme dans les réacteurs du parc français. Ce combustible ne présente pas de rupture technologique franche avec ceux actuellement utilisés dans les réacteurs des parcs français et allemands.

La réduction des risques de fissuration de la gaine par interaction pastille-gaine ou par corrosion sous contrainte constitue un objectif important du projet EPR. L'utilisation d'un gainage composé d'un alliage au Niobium (de type M5) combinée à la mise en œuvre d'une nouvelle instrumentation en ligne de la chaudière (reposant sur des capteurs répartis uniformément dans le cœur) participe à l'atteinte de cet objectif.

Comme mentionné dans le Décret d'Autorisation de Création de Flamanville 3 (1.2 de l'article 2), la chaudière nucléaire est conçue de manière à pouvoir utiliser du combustible dont la matière fissile est constituée soit d'oxyde d'uranium faiblement enrichi en uranium 235, soit d'un mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium. Les gestions de référence envisagées pour la phase de conception du réacteur EPR, et décrites dans le rapport préliminaire de sûreté étaient basées sur un cœur UO₂ avec un cycle de 12 mois, 18 mois ou 22 mois et sur un cœur MOX 30% avec un cycle de 18 mois

Pour le Rapport de Sûreté de Flamanville 3, la première gestion combustible retenue pour la mise en service est une gestion UO₂ avec un cycle de 18 mois, et un enrichissement à 4,2 % en ²³⁵U.

Cet aspect de la conception est développé dans les sous-chapitres 4.2 à 4.4 et au paragraphe 2 du sous-chapitre 11.3 du RDS.

1.2.1.2.2. CONCEPTION DE L'ENVELOPPE SOUS PRESSION

1.2.1.2.2.1. CONCEPTION DU CPP

Dans la logique de démarche de défense en profondeur, la conception du circuit primaire répond à la double exigence de réduire la fréquence des initiateurs (accroissement des marges de fonctionnement, accroissement de l'inertie des systèmes) et de maîtriser les conséquences des initiateurs apparus. La figure [FIG-3.1.1](#) permet de localiser les évolutions apportées au circuit primaire par rapport à la précédente génération de réacteurs. Elles portent sur les composants suivants :

- Au niveau de la cuve (élément 1) : pour accueillir le « gros cœur » de 241 assemblages, la cuve offre un plus grand diamètre et est équipée en pourtour intérieur d'un réflecteur lourd. Ce dernier est constitué d'un empilage de douze galettes forgées, solidarises à la plaque inférieure de cœur par un ensemble de clavettes et tirants. Ce dispositif permet de supprimer tout assemblage soudé ou boulonné à proximité du cœur. Il permet également de réduire les fuites neutroniques et d'obtenir un niveau de fluence en fin de vie limité en jouant le rôle d'écran protecteur de la cuve vis à vis du flux neutronique. La virole porte-tubulures et la bride de cuve sont formées d'une seule pièce forgée monobloc à partir d'un lingot de fort tonnage, ce qui permet de supprimer le joint circulaire de forte épaisseur qui existe entre ces deux pièces sur les cuves du parc. La conception interne de la cuve bénéficie par ailleurs d'une simulation complète des phénomènes thermo-hydrauliques dans les conditions d'exploitation normale et dans les principales situations accidentelles.
- Au niveau du couvercle de cuve (élément 2) : pour permettre l'installation de l'instrumentation du cœur en partie supérieure afin d'éviter tout risque de fuite en fond de cuve au niveau des traversées du RIC, la conception du couvercle et des mécanismes de commande de grappes reprend le principe du couvercle des cuves des tranches allemandes. L'instrumentation du cœur s'appuie sur un système aéroballe qui comprend douze lances pour l'instrumentation neutronique et thermique en périphérie du couvercle. Cette solution est rendue possible par le faible encombrement des mécanismes de commandes de grappe (MCG) qui évite de plus d'avoir un système de ventilation forcée pour les refroidir. Au total, cent-six traversées équipent le couvercle (89 pour les MCG et 17 pour l'instrumentation) soit vingt-huit de plus que sur le palier N4.

- Au niveau des pompes primaires (élément 3) : les pompes primaires bénéficient du retour d'expérience de la conception française et intègrent des adaptations de leur cellule hydraulique permettant d'une part de prévenir les risques d'érosion par cavitation constaté sur le palier N4 et d'autre part d'éviter les évolutions de performances constatées sur ce même palier en recourant à une finition de la roue de pompe par rognage et non par affûtage. De plus, elles sont équipées en complément des joints d'étanchéité successifs à la traversée de l'arbre de pompe, d'un dispositif d'étanchéité à l'arrêt ayant pour objectif de réduire les risques de fuite du circuit primaire dans les situations pouvant conduire à une détérioration des joints d'étanchéité principaux (situation de manque de tension généralisé - c'est à dire la perte des sources externes et des quatre diesels principaux - ou perte de la source froide).
- Au niveau des générateurs de vapeur (élément 4) : la conception des GV permet par l'augmentation (par comparaison avec la précédente génération de réacteurs) de leur volume interne d'adoucir les conséquences des transitoires. D'autres évolutions par rapport aux GV du palier N4 (augmentation de la surface d'échange, de la pression de saturation, amélioration de la circulation du fluide au niveau des plaques entretoises, ...) permettent d'obtenir un meilleur rendement de l'échangeur. De plus le choix de la nuance d'acier des tubes GV privilégie le retour d'expérience français.
- Au niveau du pressuriseur (élément 5) : l'augmentation du volume interne du pressuriseur permet sur le même principe que les GV et par l'augmentation du volume primaire générée d'adoucir les conséquences des transitoires. Enfin, la conception du système d'aspersion permet de diminuer les chargements sur les tubulures concernées et de réduire les risques de fatigue sur la virole forgée.
- Pour la protection en pression du circuit primaire, le pressuriseur est équipé en partie supérieure de deux circuits assurant la décharge. Le premier d'entre eux (élément 6) permet d'évacuer le fluide primaire vers un réservoir de décharge au travers de soupapes pilotées à commande d'ouverture automatique. Le second d'entre eux (élément 7) est plus spécifiquement dédié aux situations d'hypothétiques accidents avec fusion du cœur et permet d'évacuer dans l'enceinte une partie du fluide primaire et d'abaisser ainsi la pression sous le seuil de 20 bars.
- Les tuyauteries primaires principales (élément 8) sont conçues et fabriquées avec des matériaux et selon des méthodes qui permettent d'exclure leur rupture guillotine doublement débattue en tant qu'initiateur de transitoire accidentel. Cette hypothèse d'exclusion de rupture fait l'objet d'une justification technique (en particulier vis à vis de la démonstration de résistance à des grands défauts traversants) et permet notamment d'alléger les contraintes que le supportage de ces lignes doit reprendre lors des transitoires. Elle s'inscrit dans la démarche de réduction des initiateurs et conduit à reconsidérer l'accident de dimensionnement du circuit primaire qui devient la rupture de la plus grosse tuyauterie connectée, à savoir la jambe d'expansion reliant la tuyauterie principale au pressuriseur (élément 5). Sur le plan de la réalisation des tuyauteries primaires, il est à noter que la branche froide est entièrement monobloc, ce qui permet de réduire le nombre de soudures homogènes (9 soudures par boucle contre 12 sur le palier N4).
- En termes d'installation, le calage altimétrique des différents composants, à savoir la cuve, les boucles primaires et les générateurs de vapeur permet d'une part de réduire les besoins d'exploitation à mi-boucle lors des phases d'arrêt et d'autre part d'avoir une moindre sensibilité au découverture du cœur dans les situations d'APRP.

La conception du circuit primaire et de ses composants est présentée dans les sous-chapitres 5.1 à 5.4 du RDS.

1.2.1.2.2.2. CONCEPTION DU CSP

La conception du circuit secondaire intègre, elle aussi des évolutions qui portent principalement sur le circuit vapeur, à savoir :

- L'application du concept d'exclusion de rupture sur chacune des portions de tuyauterie (élément 10) comprise entre la sortie des générateurs de vapeur et le point fixe situé en aval des vannes d'isolement vapeur ; elle conduit à ne plus considérer la rupture doublement débattue de cette tuyauterie en tant qu'initiateur de transitoire accidentel. Par contre le concept d'exclusion de rupture n'est pas mis en œuvre sur la tuyauterie d'alimentation en eau des GV (élément 9).
- L'ensemble composé des vannes de décharge vapeur, des soupapes de sûreté et des vannes d'isolement des tuyauteries vapeur principales forment un groupe compact de robinetterie (11)

dont la conception mécanique est telle qu'elle doit permettre d'exclure sa rupture et donc la séparation des différents organes la composant.

La conception du circuit secondaire est présentée dans les sous-chapitres 10.3 à 10.6 du RDS.

1.2.1.2.3. CONCEPTION DES OUVRAGES DE GÉNIE-CIVIL ET DE LA TROISIÈME BARRIÈRE

Dans le cadre de la démarche de sûreté mise en œuvre à la conception du réacteur EPR, les ouvrages de génie-civil doivent assurer une double fonction :

- d'une part protéger l'installation vis à vis de l'ensemble des agressions internes et externes retenues à la conception,
- d'autre part protéger l'environnement vis à vis de l'ensemble des situations accidentelles non pratiquement éliminées et en particulier restreindre les mesures de protection prises dans les situations les plus graves.

Avec des niveaux de chargement retenus sur EPR plus élevés que pour le parc en exploitation :

- Concernant les événements internes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte d'une situation de fusion du cœur à basse pression avec des marges permettant de couvrir les incertitudes dans la connaissance de ces phénomènes.
- Concernant les événements externes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte de chargements plus sévères qu'ils soient dus à des phénomènes naturels tels que le séisme ou les évolutions climatiques ou qu'ils soient dus à l'activité humaine tels que l'explosion et la chute d'avion.

Dans ce cadre, un chapitre spécifique a été intégré dans le RDS EPR avec pour objectifs :

- de recenser les différentes composantes des ouvrages standards ou de site (y compris les structures métalliques) de l'îlot nucléaire EPR,
- de présenter de manière détaillée les exigences de sûreté qui doivent être intégrées dans leur dimensionnement,
- d'introduire le code de conception utilisé (ETC-C) et de décliner les principaux critères de génie-civil associés.

Les exigences et les bases de conception retenues pour les ouvrages de génie civil sont présentées dans la section 3.5.0 du RDS.

Vis à vis de l'environnement, la troisième barrière de confinement et les dispositions de confinement périphériques constituent l'ultime protection contre les conséquences radiologiques des situations accidentelles en cas de défaillances des deux premières barrières, en particulier celles mettant en jeu une fusion du cœur. Face à ces situations, la protection des populations vivant dans le voisinage de la centrale et le respect des objectifs radiologiques associés reposent sur un ensemble de dispositions constructives appliquées à des bâtiments, équipements et circuits qui sont regroupées sous le terme de « fonction de confinement ».

Ces dispositions visent à assurer la rétention des produits radioactifs à l'intérieur des bâtiments concernés, qu'il s'agisse du bâtiment réacteur, des bâtiments périphériques susceptibles d'être contaminés de manière plus ou moins importante via les connexions qui les relient au bâtiment réacteur ou du bâtiment combustible lui-même en cas d'évènement qui y surviendrait. Des exigences d'étanchéité sont ainsi définies pour la conception de l'ensemble des bâtiments concernés par les différentes situations accidentelles.

Les principales dispositions liées au confinement des matières radioactives et à la protection de ce confinement sont représentés de manière schématique dans la figure [FIG-3.1.2](#).

1.2.1.2.3.1. DESCRIPTION DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT

Pour le bâtiment réacteur, la conception retenue est basée sur le concept de double enceinte en béton mis en œuvre sur les réacteurs de la dernière génération du parc français auquel des évolutions ont été apportées au titre du renforcement de la défense en profondeur, principalement dues à la prise en

compte à la conception des phénomènes liés aux situations de fusion du cœur à basse pression. Sur la base de la figure [FIG-3.1.2](#), cette évolution porte sur les aspects suivants :

- la mise en place d'une peau d'étanchéité métallique recouvrant en totalité la face intérieure de l'enceinte interne (élément 1) de manière à garantir un très faible taux de fuite de cette enceinte ; l'espace compris entre l'enceinte interne et l'enceinte externe (élément 2) est maintenu en dépression de manière à collecter les éventuelles fuites de l'enceinte interne et à les filtrer avant rejet à l'atmosphère.
- l'élimination de tous les chemins de fuite susceptibles de mettre en relation de manière directe l'intérieur de l'enceinte de confinement avec l'environnement extérieur. Dans ce but, l'installation est conçue de manière à ce que l'ensemble des traversées de l'enceinte (élément 3) débouchent dans des bâtiments périphériques permettant ainsi la reprise de fuites éventuelles.
- l'intégration dans l'enceinte de confinement de la réserve d'eau nécessaire en particulier à la maîtrise des accidents de dimensionnement et des hypothétiques accidents avec fusion du cœur. La localisation de cette réserve appelée IRWST (élément 6) permet d'alimenter les systèmes dédiés situés dans les locaux du BAS (élément 7) au travers d'aspiration directe dans des puisards séparés (élément 8) limitant ainsi les possibilités de défaillance liées au basculement lors du passage en recirculation.
- la conception d'un système de récupération et d'étalement du corium (élément 9) qui résulte de la fusion du cœur et de sa sortie à basse pression hors de la cuve. Cet ensemble consiste sous l'aspect génie civil en la réalisation d'un chenal d'amenée du corium débutant à l'aplomb de la cuve du réacteur et conduisant celui-ci gravitairement dans une vaste salle d'étalement, le plancher de celle-ci étant recouvert d'une couche de matériaux sacrificiels protégeant le radier dont l'épaisseur a été renforcée et évitant ainsi les interactions entre le corium et le béton du radier et la traversée du radier. Le remplissage après étalement de la zone d'étalement par l'eau présente dans la bêche IRWST est réalisé de manière passive sous l'effet de la chaleur dégagée par le corium.
- le dimensionnement de l'enceinte interne (et de sa précontrainte) prenant en compte les effets de pression (et de température) des différents scénarios de fusion cœur retenus, en particulier les effets résultant de la déflagration de la quantité maximale d'hydrogène produite durant ces situations,
- la conception d'un système de type actif de refroidissement ultime de l'enceinte par aspersion et par évacuation de la puissance résiduelle contenue dans le corium. Ce système est composé de deux circuits identiques de refroidissement et a pour objectif d'évacuer la chaleur résiduelle hors de l'enceinte sans dispositif d'éventage. Le fonctionnement complet des deux circuits est requis durant les quinze premiers jours de l'accident en utilisant la réserve d'eau contenue dans l'enceinte, un seul circuit étant ensuite nécessaire à l'évacuation de la puissance.
- l'introduction de marges supplémentaires dans le dimensionnement de l'enceinte par la définition de deux « périodes de grâce ». La première s'applique à l'enceinte interne et consiste à garantir la tenue du confinement pendant une phase de douze heures après le début du scénario fusion cœur sans fonctionnement du système de refroidissement ultime de l'enceinte. La seconde s'applique à l'espace entre-enceinte et consiste à définir des critères de conception pour l'enceinte interne et l'enceinte externe permettant de garantir l'existence d'une période de grâce pendant laquelle l'espace entre-enceinte reste en dépression en postulant le non fonctionnement de la ventilation de cet espace après le début d'un scénario accidentel.
- enfin pour améliorer la radioprotection du personnel pendant les phases d'accès au BR tranche en fonctionnement lors d'intervention pour maintenance, deux zones ont été créées à l'intérieur de l'enceinte. La première zone (Z1) comprend l'ensemble du circuit primaire et est considérée comme non accessible en puissance. Elle est isolée du reste de l'enceinte (zone Z2) par des voiles béton de forte épaisseur ou des dispositifs de protection métallique selon les lieux. En cas de situations accidentelles, ces dispositifs s'effacent de manière à disposer de la totalité de l'espace libre dans l'enceinte et éviter des concentrations gazeuses susceptibles de remettre en cause la tenue du confinement.

La conception de l'enceinte est présentée dans la section 3.5.1 et au sous-chapitre 6.2 du RDS.

1.2.1.2.3.2. CONCEPTION DE L'ENCEINTE INTERNE

La mise en place d'un liner métallique ancré à l'enceinte interne permet de découpler, au sein de la fonction confinement, les aspects relatifs à l'étanchéité de ceux relatifs à sa capacité de résister à la pression. Avec une telle orientation, l'étanchéité du confinement est assurée par le liner métallique, la résistance à la pression restant confiée à l'enceinte interne en béton et à son système de précontrainte. Cette solution s'apparente à celle mise en œuvre à la conception des tranches du palier 900 MW français.

Tenant compte de l'expérience acquise à la conception de ces enceintes, le dimensionnement de l'enceinte de confinement EPR est effectué sur la base d'une Pression absolue de dimensionnement. Celle-ci est utilisée pour dimensionner l'ensemble de l'ouvrage de génie civil et en particulier le système de précontrainte. Elle est enveloppe de l'ensemble des pressions atteintes dans les situations accidentelles prises en compte à la conception du réacteur, que celles-ci résultent des transitoires, incidents et accidents de référence (PCC 2 à 4), des défaillances multiples (RRC-A) ou d'un hypothétique accident avec fusion du cœur (AG). Sur la base des résultats des études correspondantes, la pression absolue de dimensionnement de l'enceinte interne EPR est fixée à la valeur de 0,55 MPa.

La démonstration du bon dimensionnement de l'enceinte interne tant en terme d'étanchéité qu'en terme de résistance à la pression s'effectue dans le cadre d'un test initial en air de l'enceinte à la température ambiante dont le maximum correspond à la Pression absolue maximale d'épreuve. Cet essai est réalisé sous la forme d'une mise en pression progressive de l'enceinte avec une succession de paliers de pression et de mesures associées. Le taux d'étanchéité de l'enceinte fait l'objet d'une mesure à la pression absolue de dimensionnement soit 0,55 MPa. Pour tenir compte des effets de la température sur le liner métallique et de la poussée que celui-ci induit sur l'ouvrage en béton à la température atteinte en situation accidentelle (170 °C), l'essai est prolongé jusqu'à la pression de 0,6 MPa qui constitue la pression absolue maximale d'épreuve. La mesure des contraintes à cette pression justifie la capacité de résistance de l'enceinte interne. La prescription INB167-26 de la décision [Réf \[4\]](#) de l'ASN définit la valeur de pression pour les essais périodiques d'étanchéité de l'enceinte.

La démarche de dimensionnement est complétée au titre de la robustesse par une étude de vérification de l'étanchéité du confinement à un niveau de pression supérieur à la pression de dimensionnement. Dans ce cadre et avec l'objectif de s'assurer de l'existence de marges dans le dimensionnement, il est défini une Pression absolue de vérification de l'étanchéité. Celle-ci s'inscrit dans le prolongement de l'approche développée dans le Basic Design Report et rappelée en introduction du [§ 1.2.](#) Elle permet de vérifier la capacité de l'enceinte à assurer son étanchéité dans des situations d'accidents avec fusion du cœur « limites » pour lesquels des phénomènes aggravant le risque ont été pris en compte. Dans ce cadre, la pression absolue de vérification de l'étanchéité de l'enceinte interne est fixée à la valeur de 0,65 MPa.

La figure [FIG-3.1.3](#) présente les différentes valeurs de pression prises en compte dans le dimensionnement de l'enceinte interne EPR.

1.2.1.2.3.3. LES BÂTIMENTS PARTICIPANT À LA FONCTION CONFINEMENT ET LES BIPASSES DU CONFINEMENT

L'installation étant conçue de manière à ce que l'ensemble des traversées de l'enceinte débouchent dans des bâtiments périphériques, ces derniers jouent un rôle important dans le confinement des produits radioactifs. Les bâtiments concernés sont les quatre divisions du BAS, les BK et dans une moindre mesure le BAN, figure de principe [FIG-3.1.2](#). Dans ce cadre ces bâtiments font l'objet d'exigence d'étanchéité pour les situations où ils peuvent être utilisés. De plus, pour les besoins du calcul des conséquences radiologiques, [§ 1.2.3.5.](#), des taux de fuite de ces bâtiments sont définis permettant d'évaluer de manière simplifiée et enveloppe les conséquences sur l'environnement tant des accidents de référence que des situations d'hypothétique accident avec fusion du cœur.

La démarche de recherche et d'élimination des bippasses repose sur le retour d'expérience des études du parc complétée des spécificités de l'EPR. Dans le cadre de la phase d'études détaillées, trois groupes de bippasses potentiels ont été recensés et analysés qui sont :

- les bipasses résultant d'événements initiateurs sur les circuits connectés au circuit primaire dus notamment à la défaillance d'organes d'isollements. Les principaux systèmes impliqués sont le RIS/RRA, le RCV, le système d'échantillonnage du primaire,
- les bipasses résultant de séquences accidentelles telles que le cumul d'une RTGV avec une vanne VDA ou VIV bloquée ouverte,
- les bipasses résultant d'hypothétiques accidents avec fusion du cœur ou de séquences de fusion cœur tels qu'une ou plusieurs RTGV ayant pour origine la séquence d'accident avec fusion du cœur.

Certains de ces bipasses sont exclus par des dispositions spécifiques de conception. D'autres sont maîtrisés de telle façon qu'ils ne conduisent pas à la fusion du cœur (par exemple la rupture du circuit RIS/RRA en mode RRA).

Cet aspect de la conception est présenté dans les sous-chapitre 18.1 et sous-chapitre 19.1 et dans les sections 6.2.1 et 19.2.4 du RDS.

1.2.1.2.3.4. LE CONFINEMENT ADAPTÉ AUX ÉTATS D'ARRÊT ET À LA GESTION DU COMBUSTIBLE USÉ

L'étude du confinement porte aussi sur les situations où le primaire est ouvert et sur les situations où le cœur est déchargé et stocké dans la piscine du bâtiment combustible.

Pour les situations où le cœur est totalement déchargé et refroidi dans la piscine du BK, l'analyse a conduit à définir et à concevoir un système de refroidissement spécifique permettant d'atteindre l'objectif « d'élimination pratique » de la fusion du cœur dans le BK.

Les risques de vidange rapide de la piscine sont aussi considérés. Des dispositions constructives sont retenues pour atteindre l'objectif « d'élimination pratique » de la fusion du cœur dans le BK suite à de tels scénarios.


Afin de préserver les exigences d'étanchéité à long terme du BK après les situations conduisant transitoirement à une entrée en ébullition de la piscine et au regard des rejets négligeables dans ce type de situation, un dispositif d'évent a été mis en place pour éviter la montée en pression dans le bâtiment. Cet événement est isolable de manière à pouvoir rétablir l'étanchéité du bâtiment une fois le refroidissement de la piscine rétabli.


De plus, la conception des systèmes intervenant lors des phases d'arrêt du réacteur et en particulier dans les opérations de manutention du combustible intègre le retour d'expérience d'événements survenus sur le parc de réacteurs français. La machine servant à la manutention du combustible est ainsi équipée d'un dispositif permettant d'éviter les erreurs de positionnement des éléments combustible lors des opérations de rechargement.

L'activité dans le hall BK est contrôlée via des chaînes KRT dédiées. La détection d'une haute activité dans le hall BK commande automatiquement son confinement et le basculement de sa ventilation sur des files iodes.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 9.1, le paragraphe 2 du sous-chapitre 18.3 et dans la section 19.2.4 du RDS.

1.2.1.2.3.5. LA CONCEPTION DES OUVRAGES COMMUNS À L'ÎLOT NUCLÉAIRE

Le radier  constitue deux ouvrages communs à l'ensemble ou à une grande partie de l'îlot nucléaire. Ils sont conçus sur le principe suivant :

- Le radier  constitue le socle commun à l'ensemble du bâtiment réacteur et des bâtiments dits « périphérique », à savoir le bâtiment combustible et les quatre divisions du BAS. Sa fondation de forte épaisseur lui permet d'assurer la stabilité relative des bâtiments qu'il supporte. De plus, il intègre au niveau du bâtiment réacteur et dans un secteur de celui-ci le dispositif de récupération et de refroidissement du corium.

- 

Cet aspect de la conception est présenté dans les sections 3.5.0, 3.5.4 et 3.5.5 du RDS.

1.2.1.3. LES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Dans la droite ligne des réacteurs actuellement en exploitation, la conception du réacteur EPR repose sur la mise en œuvre du principe de « défense en profondeur » appliqué à la démonstration du respect des trois fonctions fondamentales de sûreté que sont la maîtrise de la réactivité, le refroidissement du combustible, et le confinement des substances radioactives. Plusieurs niveaux de protection sont conçus pour atteindre cet objectif qui incluent l'interposition de barrières successives entre les substances radioactives et l'environnement.

La conception du réacteur EPR, en tant que réacteur « évolutionnaire » tire le bénéfice du retour d'expérience des réacteurs actuellement en exploitation, et tend pour chacune des trois fonctions fondamentales de sûreté à accroître la profondeur dans la prévention et la mitigation des incidents d'exploitation et des accidents afin de porter à un niveau encore supérieur la protection du public et des travailleurs. Cette démarche se concrétise pour chacune des trois fonctions de sûreté par les exemples présentés ci-après.

Dans le domaine de la maîtrise de la réactivité :

- reconduction du système passif d'insertion des grappes par gravité, augmentation des marges cœur en considérant une puissance linéique plus faible et une instrumentation « in core » fixe assurant le suivi permanent des paramètres du cœur,
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 4.1 du RDS.
- séparation au sein du système de borication de la réalisation de la fonction de sûreté et de la fonction opérationnelle. La conséquence en est la création d'un système dédié à la borication en situation accidentelle composé de deux trains redondants, chacun d'eux équipé d'une pompe et d'une réserve d'eau borée localisées dans le bâtiment combustible et ayant la capacité de ramener le réacteur dans un état sûr après un transitoire accidentel de façon indépendante de l'injection de sécurité,
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 6.7 du RDS.
- recherche systématique des diverses situations pouvant conduire à la dilution de l'eau du circuit primaire et mise en place de systèmes de surveillance permettant pour la plupart d'entre elles d'arrêter la dilution existante et pour d'autres d'exclure leur apparition par des dispositions adéquates au niveau de la conception,
Cet aspect de la conception est développé dans les sections 15.2.4, 19.1.3 et 19.2.4 du RDS.
- Pour les situations où le combustible est partiellement ou totalement localisé dans le bâtiment combustible, le système PTR permet d'assurer la surveillance et le contrôle de la concentration en Bore des piscines afin de permettre la sous criticité même en situation accidentelle de manutention combustible. La conception du râtelier d'entreposage des assemblages de combustible permet d'exclure tout risque de criticité en situation normale ou de positionnement anormal d'un assemblage. Sa géométrie permet d'assurer la sous criticité du combustible stocké pour une concentration nulle du Bore en piscine.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 9.1 RDS.

Dans le domaine du refroidissement du combustible et de l'évacuation de la puissance résiduelle :

- création d'un système combinant les fonctions d'injection de sécurité et de refroidissement du réacteur à l'arrêt organisé en quatre trains séparés et indépendants. Chaque train est équipé d'un accumulateur situé à l'intérieur du bâtiment réacteur permettant d'injecter dans les branches froides du circuit primaire. A l'extérieur du BR, il comprend une pompe d'injection basse pression, une pompe d'injection moyenne pression et un échangeur de chaleur. En mode « injection », le lignage du circuit permet d'introduire de l'eau de la bache RIS (IRSWT située dans le BR) dans les branches froides du primaire. Le basculement du circuit en mode « refroidissement » permet d'alimenter les pompes basse pression depuis les branches chaudes et de réinjecter dans les branches froides l'eau prélevée après passage par l'échangeur.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 6.3 du RDS.

- séparation totale de la fonction d'alimentation de secours des GV et de la fonction de démarrage et d'arrêt du réacteur, cette dernière étant assurée par un système dédié. La fonction d'alimentation de secours comprend quatre trains possédant chacun une réserve d'eau et une pompe alimentant de manière séparée un des quatre générateurs de vapeur. Deux collecteurs reliant les quatre trains permettent de réaliser des secours mutuels en cas de défaillance de l'une des pompes équipant ces trains. Du fait de son installation répartie sur les quatre trains, la réserve d'eau d'alimentation de secours des GV offre une meilleure résistance aux modes communs auxquels l'installation peut être confrontée, en particulier les agressions externes.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 6.6 du RDS.
- création d'une fonction d'évacuation de la puissance hors de l'enceinte de confinement pour les situations d'hypothétiques accidents avec fusion du cœur. Elle est assurée par un circuit composé de deux trains, chacun d'eux comportant une pompe et un échangeur de chaleur et pouvant refroidir à la fois l'enceinte par aspersion et le corium par circulation dans la chambre d'étalement. Le fonctionnement des deux trains est requis au delà d'un délai de grâce de 12 heures durant les quinze premiers jours suivant l'accident, l'évacuation de la puissance résiduelle pouvant être assurée par l'un des deux trains après cette période.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 6.2. du RDS.
- implantation d'une réserve d'eau borée à l'intérieur du bâtiment réacteur servant à l'alimentation des circuits de refroidissement de secours du réacteur et à l'évacuation ultime de la puissance en situation d'hypothétique accident avec fusion du cœur, ainsi qu'à l'alimentation du système de contrôle chimique et volumétrique du fluide primaire . Une telle implantation évite le passage en recirculation dans les situations accidentelles et offre une meilleure protection de la réserve d'eau vis à vis des agressions externes.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 6.3 du RDS.
- conception de la chaîne de refroidissement via l'eau brute secourue et la réfrigération intermédiaire de telle sorte que la contribution de la perte totale de la source froide en tant qu'initiateur de situations accidentelles soit très fortement réduite. Elle est ainsi composée d'une chaîne principale organisée en quatre trains séparés et indépendants équipés chacun d'une pompe et d'un échangeur de chaleur. La chaîne principale est de plus doublée par un circuit spécifique (chaîne dédiée) comprenant deux trains alimentés par des sources électriques particulières et permettant d'évacuer la chaleur issue du refroidissement du corium en situation d'hypothétique accident avec fusion du cœur. L'architecture de ces différents systèmes combinée avec l'exigence de desservir une tranche unique conduit à une conception de la station de pompage entièrement nouvelle en comparaison des ouvrages équivalents sur les sites du parc nucléaire français.
Cet aspect de la conception est développé dans le sous-chapitre 9.2 du RDS.
- Enfin pour les situations où le combustible est partiellement ou totalement localisé dans le bâtiment combustible, réduction de la sensibilité aux indisponibilités de matériels par le doublement des pompes des deux boucles principales du circuit de refroidissement et "élimination pratique" des situations de fusion des éléments combustible dans la piscine par la création d'une troisième chaîne de refroidissement dédiée à la mitigation des situations de perte des trains principaux de refroidissement ainsi que par la mise en œuvre de dispositions permettant de prévenir et/ou de gérer les situations de vidange accidentelle de la piscine de désactivation.
Cet aspect de la conception est développé dans la section 9.1.3, le paragraphe 2 du sous-chapitre 18.3 et dans la section 19.2.4 du RDS.

Dans le domaine du confinement des substances radioactives : les dispositions mises en œuvre sur EPR pour confiner les substances concernent essentiellement le bâtiment réacteur et les bâtiments périphériques. Elles sont présentées et détaillées dans le [§ 1.2.1.2.3](#), traitant de la conception de la troisième barrière.

L'arrêté INB du 7 février 2012 introduit une quatrième fonction de sûreté qui est « la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ».

Les dispositions mises en œuvre pour assurer les trois fonctions fondamentales de sûreté permettent d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants (comme par exemple par des dispositions de blindage contre les rayonnements, assurées notamment par une épaisseur minimale de béton pour l'enceinte de confinement). A ce titre, dans le reste du rapport de sûreté, seules les trois fonctions fondamentales de sûreté sont explicitement citées. »

1.2.1.4. ÉLÉMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION (EIP)

Les EIP sont les éléments importants pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire des structures, équipements, systèmes (programmés ou non), matériels, composants, ou logiciels présents dans une installation nucléaire de base ou placés sous la responsabilité de l'exploitant, assurant une fonction nécessaire à la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou contrôlant que cette fonction est assurée si ce contrôle est nécessaire à la protection des intérêts mentionnés à l'article L 593-7 du code de l'environnement.

Les EIP sont répartis en deux catégories pour la démonstration de sûreté nucléaire :

- les Eléments Importants Pour la Sûreté (EIPS) vis-à-vis des risques liés aux incidents et accidents radiologiques (voir [§ 1.2.3.](#)). Les EIPS correspondent aux systèmes, structures et composants classés de sûreté au titre de la démarche de classement EPR retenue en application des directives techniques (voir [§ 1.2.5.](#)). En complément, les éléments détaillés au paragraphe 2.4 du sous-chapitre 3.2 sont également EIPS. Cela concerne notamment les assemblages de combustible, les grappes de commandes et certains colis de transport, les dispositions matérielles noyau dur et les équipements passifs statiques participant à la protection contre les agressions internes et externes. La liste de classement de la section 3.2.2 identifie les EIPS.
- les Eléments Importants pour la Protection vis à vis des Risques classiques (EIPR) liés aux incidents et accidents non radiologiques, [§ 1.2.7.1.](#) La liste de classement du sous-chapitre 3.8 RDS identifie les EIPR.

En complément, les Eléments Importants pour la Protection vis à vis des Inconvénients du fonctionnement normal (EIPI) ont été définis par EDF, toutefois ceux-ci n'interviennent pas dans la démonstration de sûreté nucléaire telle que définie au chapitre 0.

La liste des EIP identifie parmi les EIPS (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des risques radiologique) et les EIPR (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des risques classiques) ceux qui ont également un statut d'EIPI (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des inconvénients).

1.2.2. INTÉGRATION DE L'EXPLOITATION ET DE LA MAINTENANCE À LA CONCEPTION : LES EFFETS D'ARCHITECTURE

1.2.2.1. LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE

L'existence d'une conception en quatre trains de sûreté redondants permet de réaliser la maintenance en puissance de l'un des quatre trains de sauvegarde indispensable au respect des objectifs de disponibilité de l'EPR. Cette maintenance est prise en compte dans les règles d'études d'accidents. De plus la mise en œuvre du concept à « deux zones » dans le bâtiment réacteur permet de préparer et d'achever les opérations de maintenance à l'intérieur de ce bâtiment pendant une durée de dix jours planifiés autour de l'arrêt pour rechargement. La description du concept de « deux zones » est décrite dans la section 6.2.4 relative au système ETY.

Les opérations de maintenance programmées lors des arrêts ont fait par ailleurs l'objet d'une revue visant à améliorer les conditions d'intervention du personnel. A titre d'exemple, les diamètres des ouvertures d'accès secondaire et primaire des générateurs de vapeur ont été augmentés par rapport au palier N4 de façon à faciliter l'entrée des intervenants et des équipements de contrôle.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 13.2 du RDS.

1.2.2.2. LA RADIOPROTECTION

La réduction des expositions professionnelles des travailleurs fait l'objet d'un processus d'optimisation à la conception basé sur le retour d'exploitation collecté sur le parc français. L'approche ALARA (voir définition chapitre 0) est mise en œuvre dans cette démarche de réduction des doses en prenant en

compte le retour d'expérience des meilleures tranches du parc nucléaire français. Elle permet de définir un objectif ambitieux de dose collective.

Pour EPR, l'objectif de dose collective pour le personnel de la centrale est de 0,35 H.Sv par an et par tranche, moyenné sur 10 ans. A ce jour, la dose collective moyenne subie dans les centrales des pays de l'OCDE est de l'ordre de 1 H.Sv par an et par tranche. Ainsi, l'objectif de l'EPR vise à une réduction significative de la dosimétrie collective.

La réduction de la dosimétrie individuelle est obtenue en axant les actions d'optimisation sur les populations les plus exposées. Cette évaluation passe par la connaissance du terme source mais également par une meilleure conception des installations, facilitant l'exploitation et la maintenance pour réduire la dosimétrie des intervenants. A titre d'exemple :

- La solution technique retenue sur le couvercle de cuve pour le remplacement des mécanismes de commandes de grappe (liaison boulonnée entre bride de carter et bride d'adaptateur) permet de réduire d'un facteur 40 la dose prise par le personnel lors de ces interventions.
- La mise en place d'un plancher en béton au sommet du pressuriseur au niveau des soupapes de sûreté ainsi que la disposition des cannes chauffantes en réseau à pas carré (assurant un démontage par procédé automatisé) permet de réduire la dosimétrie d'un facteur 5 sur les opérations de maintenance correspondantes.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 12.4 du RDS.

1.2.2.3. L'INSTRUMENTATION ET LE CONTRÔLE-COMMANDE

La technologie numérique est utilisée à la fois pour l'instrumentation et le contrôle-commande conventionnel et pour l'instrumentation et le contrôle-commande classés de sûreté, de manière à tirer le meilleur profit de l'expérience acquise sur les tranches les plus modernes. L'utilisation de cette technologie éprouvée présente des avantages en termes de diversification matérielle entre l'automate de protection et l'automate de tranche et d'interface homme-machine avec une interface informatisée (Moyen de Conduite Principal) et conventionnelle (Moyen de Conduite de Secours).

L'architecture physique des systèmes de contrôle-commande est conçue de manière à fournir une indépendance suffisante entre les fonctions requises pour les différents niveaux de la démarche de défense en profondeur.

Les systèmes accomplissant des fonctions de sûreté possèdent les redondances requises pour satisfaire, lorsque cela est nécessaire, au critère de défaillance unique. Le niveau d'indépendance est acquis par des dispositions telles que la séparation, l'isolement, l'autonomie et la diversification. En particulier, des dispositions, telles que la diversification des plates-formes de contrôle-commande et la diversification des logiciels, sont prises pour exclure les défaillances de cause commune logicielles.

Cet aspect de la conception est présenté dans le chapitre 7 du RDS.

1.2.2.4. L'INGÉNIEURIE DES FACTEURS HUMAINS

Une attention est donnée au facteur humain tout au long du processus de conception des moyens d'exploitation en fonctionnement normal (conduite, essais et maintenance), incidentel, accidentel, et en hypothétiques accidents avec fusion du cœur. L'objectif principal est d'aboutir à une conception qui tire avantage des capacités humaines en minimisant les possibilités d'erreurs humaines et leurs conséquences potentielles sur l'installation.

L'objet de l'intégration des facteurs humains au processus d'ingénierie de conception est de garantir :

- les moyens nécessaires au personnel d'exploitation pour accomplir leurs missions en cohérence avec les critères de sûreté, de qualité, de fiabilité et de disponibilité de l'installation,
- des conditions nécessaires au personnel d'exploitation pour assurer la sécurité de leurs interventions (santé, risques conventionnels et risques radiologiques).

Le niveau d'automatisation est fixé pour que l'équipe de conduite remplissent ses missions en conscience et en responsabilité, dans le respect de la sûreté de l'installation. Ainsi, d'une part, les tâches qui nécessitent une action devant être rapide ou d'une fiabilité supérieure aux possibilités humaines et organisationnelles sont automatisées :

- les actions requises dans les 30 premières minutes d'une situation accidentelle pour atteindre l'état contrôlé ou l'état sûr,
- les conditions nécessaires à court terme pour prévenir un danger pour le personnel ou des dommages irréversibles à l'installation.

D'autre part, l'équipe de conduite doit être en capacité de reprendre le contrôle de l'installation à tout moment, de manière à couvrir un large éventail de conditions pouvant être rencontrées, ou pour pallier la défaillance potentielle de systèmes automatiques. En conséquence, les moyens d'exploitation (interface homme-machine, organisation de conduite, formation des opérateurs, etc.) doivent être suffisants pour surveiller et gérer l'installation en toutes circonstances. Les informations sur l'état de l'installation et l'évolution du procédé doivent être limitées à ce qui est nécessaire à l'élaboration et la mise à jour de l'image mentale de l'installation et à la surveillance de l'efficacité des actions de conduite, en conditions normales et dégradées.

Le facteur humain est pris en compte dans la conception de l'installation sur la base d'un programme de travail d'ingénierie des facteurs humains qui concerne :

- les interfaces de conduite en particulier le Moyen de Conduite Principal (MCP),
- les locaux, bâtiments et matériels dans ou sur lesquels sont effectuées les opérations de maintenance et d'exploitation en local,
- la documentation d'exploitation.

Ces aspects de la conception sont traités dans le chapitre 7 du rapport de sûreté pour ce qui concerne le contrôle commande, dans le chapitre 13 pour ce qui concerne la conduite de la tranche et dans le chapitre 17 pour ce qui concerne le programme d'ingénierie facteur humain en général.

1.2.3. LE CADRE DU DIMENSIONNEMENT

1.2.3.1. LA MAÎTRISE DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS SIMPLES

La démarche de sûreté impose de prendre en compte à la conception du réacteur un nombre limité d'événements représentatifs et enveloppes des situations qui peuvent être potentiellement rencontrées durant son exploitation et les différents états du réacteur qui la composent. Ces événements en tant qu'initiateurs de transitoires font l'objet d'un regroupement en plusieurs catégories sur la base d'une estimation de leur fréquence d'occurrence et de leurs conséquences sur l'environnement. Les erreurs humaines sont considérées dans l'estimation de ces fréquences d'occurrence et font partie de certains initiateurs (surtout PCC-2).

Sur cette base, quatre catégories d'événements sont identifiées qui sont :

- la catégorie 1 « PCC1 » renfermant l'ensemble des conditions d'exploitation normale,
- la catégorie 2 « PCC2 » regroupant les transitoires de référence,
- la catégorie 3 « PCC3 » regroupant les incidents de référence,
- la catégorie 4 « PCC4 » regroupant les accidents de référence.

L'identification de ces événements et leur regroupement en catégories est utilisé pour dimensionner les systèmes devant les maîtriser et ainsi empêcher qu'ils conduisent à des conséquences inacceptables pour l'installation et pour son environnement.

Le réacteur EPR étant d'une conception nouvelle, l'établissement de la liste des événements considérés pour son dimensionnement est réalisé selon les étapes suivantes :

- En tant que réacteur « évolutionnaire », une première liste des conditions de dimensionnement de l'EPR a été établie en préalable à la phase de Basic Design en fonction des orientations retenues pour sa conception et en tenant compte des événements considérés sur les tranches lui servant de référence, à savoir les derniers réacteurs à eau pressurisée de conception française et allemande ; par rapport à ces réacteurs de référence, la liste initiale et le regroupement d'événements en catégories intègrent la volonté de réduire la fréquence des initiateurs.
- Cette liste a subi des adaptations durant la phase de Basic Design pour tenir compte d'une part de l'approfondissement et de l'évolution de la conception du réacteur et d'autre part pour intégrer les exigences issues de l'évaluation du projet par l'Autorité de Sûreté. La précision des différents états du réacteur ainsi que la considération des événements pouvant survenir dans les bâtiments périphériques ont participé à cette évolution. De plus des événements ont été « exclus » de la liste car non représentatifs des options prises à certaines étapes de la conception de l'EPR. Selon les choix de conception retenus, certains événements peuvent conduire à la définition d'exigences de fiabilité sur les équipements impliqués dans leur prévention et leur mitigation. D'autres événements peuvent être « exclus » de la liste et dans ce cas faire l'objet d'une analyse particulière dans le cadre « d'études spécifiques », [§ 1.2.3.6.](#)
- L'ensemble de ces raisons a conduit à retenir en fin de phase de Basic Design, une liste d'événements qui a fait l'objet d'une justification détaillée transmise à l'ASN. La démonstration de sûreté présentée dans le présent document est basée sur cette liste.

La liste des conditions de fonctionnement de référence couvre également les scénarios de vidange accidentelle de la piscine BR ou de la piscine BK.

Le chapitre 15 est consacré à la présentation des événements retenus dans la liste finale, à la description des hypothèses prises dans les études associées ainsi qu'à l'analyse de sûreté de chacun d'entre eux qui justifie, d'une part, du bon dimensionnement de l'ensemble de l'installation et, d'autre part, de sa capacité à être ramenée et maintenue dans un état sûr, dans le respect des critères de sûreté applicables à chacune des catégories PCC2 à PCC4 étudiées. L'analyse de sûreté de chaque événement permet ainsi de :

- vérifier le respect des critères de sûreté sur la durée ainsi que celui des critères de conséquences radiologiques correspondants, [§ 1.2.4.2.](#),
- confirmer les seuils des actions automatiques engendrées par le système de protection,
- s'assurer de la possibilité de retourner et de se maintenir en état sûr (élaboration des règles de conduite) dans la maîtrise des trois fonctions fondamentales de sûreté,
- contrôler le classement et préciser les exigences fonctionnelles des équipements nécessaires à ce retour et maintien en état d'arrêt sûr, y compris pour leur qualification éventuelle.

Les événements ayant été « exclus » de la liste au cours de l'une des étapes du processus présenté précédemment devraient théoriquement ne plus faire l'objet d'une analyse de sûreté. Néanmoins, au titre de défense en profondeur, une analyse de ces événements a été conduite avec des hypothèses réalistes et est présentée dans le sous-chapitre 19.3.

1.2.3.2. LA RÉDUCTION DU RISQUE ET LA PRÉVENTION D'UN HYPOTHÉTIQUE ACCIDENT AVEC FUSION DU CŒUR

La prévention des situations de fusion du cœur constitue la première étape de la réduction du risque. La catégorie de réduction du risque A (RRC-A) intervient en complément de l'analyse déterministe des conditions de fonctionnement de référence (PCC). Elle considère des combinaisons d'événements (appelées séquences) susceptibles de conduire à des situations de fusion cœur par les défaillances multiples qu'ils initient. La liste des conditions avec défaillances multiples proposée dans le présent rapport est essentiellement basée sur une approche probabiliste utilisant le résultat de l'EPS de réalisation. Elle est complétée par les situations de perte de source électrique ou froide long terme et les fuites non isolables sur les tuyauteries anciennement à exclusion de fuite.

Sur le plan technique, des moyens de contrôle de ces séquences (appelés « dispositions ») sont identifiés, conçus et installés pour prévenir la fusion cœur et contenir les conséquences de ces séquences en terme de rejets dans l'environnement à des niveaux « acceptables ». □

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 19.1 du RDS.

1.2.3.3. LA RÉDUCTION DU RISQUE ET LA MAÎTRISE DES SITUATIONS DE FUSION CŒUR

La maîtrise des situations de fusion du coeur prend pour base l'analyse de sûreté de différents phénomènes qui font suite à la fusion du coeur à basse pression et qui ne font pas l'objet de dispositions « d'élimination pratique ». L'objectif est de montrer que compte-tenu des dispositions de mitigation retenues à la conception, ces situations nécessitent uniquement des mesures de protection très limitées dans l'espace et dans le temps.

Ces différents phénomènes sont étudiés afin d'identifier des dispositions permettant de limiter les conséquences radiologiques de la fusion du coeur à l'extérieur du site.

Les dispositions mises en place visent :

- au renforcement du confinement statique et dynamique de l'installation pour limiter les fuites directes,
- au maintien de l'intégrité de ce confinement sur le long terme au travers du contrôle des phénomènes susceptibles d'y porter atteinte (maîtrise de la pression et température de l'enceinte, préservation du radier, contrôle de l'hydrogène).

Les dispositions mises en place pour le maintien de l'intégrité du confinement sont dimensionnées de manière déterministe sur la base de scénarios de référence représentatifs enveloppes du phénomène considéré.

Les analyses déterministes servent également à la définition de l'instrumentation nécessaire à l'opérateur et à l'équipe de crise pour gérer ce type de situation ainsi qu'à la définition des conditions de qualification des équipements nécessaires à la démonstration de l'atteinte des objectifs de sûreté.

L'efficacité des dispositions renforçant le confinement est vérifiée sur la base d'évaluations des conséquences radiologiques d'un terme source enveloppe des rejets dans l'enceinte (deux cinétiques étudiées).

Cette démarche déterministe est complétée d'une vérification probabiliste. Le volet probabiliste de cette démarche s'appuie sur l'EPS de niveau 2. L'EPS permet de vérifier la fiabilité des dispositions mises en place au travers du caractère résiduel des séquences accidentelles conduisant à des rejets importants.

1.2.3.4. LES SITUATIONS « PRATIQUEMENT ÉLIMINÉES »

Les situations qui font l'objet d'un traitement particulier conduisant à leur « élimination pratique » sont celles qui sont susceptibles de générer des rejets précoces importants. Sont en particulier concernées par cette démarche les séquences suivantes :

- la fusion du coeur à haute pression et échauffement direct de l'enceinte (DCH),
- les accidents d'injection rapide de réactivité,
- les explosions de vapeur susceptibles de mettre en danger la tenue de la cuve et du confinement,
- les détonations d'hydrogène susceptibles de mettre en danger la tenue du confinement,
- les bypasses du confinement avec fusion du coeur,
- la fusion du combustible présent dans la piscine de désactivation du BK.

La démarche accidents graves repose sur une démarche déterministe supportée par une vérification probabiliste. Concernant les situations à éliminer pratiquement, cette démarche déterministe vise à identifier les phénomènes pouvant conduire à une perte précoce du confinement en situation de fusion du coeur. Ces transitoires font ensuite l'objet d'une analyse fonctionnelle afin d'identifier les

dispositions à mettre en place afin d'en diminuer les conséquences (préservant ainsi le confinement) ou d'en prévenir l'occurrence.

La fiabilité de la conception est ensuite vérifiée au travers du caractère résiduel des séquences accidentelles conduisant à des rejets précoces importants.

La démonstration que ces situations sont "pratiquement éliminées" ne repose donc pas exclusivement sur des considérations probabilistes mais sur un ensemble de considérations déterministes et probabilistes, en tenant compte des incertitudes dues aux connaissances limitées de certains phénomènes physiques.

Le volet probabiliste de cette démarche s'appuie sur les résultats d'évaluations probabilistes de niveau 1 et de l'EPS de niveau 2.

Cet aspect de la conception est présenté dans les sections 18.1.3 et 19.2.4 du RDS.

1.2.3.5. LES AGRESSIONS

La démarche de défense en profondeur impose de prendre en compte dans la conception de l'installation l'ensemble des agressions internes et externes susceptibles d'affecter la sûreté du réacteur par les effets de modes communs qu'elles peuvent potentiellement créer.

1.2.3.5.1. LES AGRESSIONS INTERNES

En cohérence avec [Réf \[4\]](#) et l'arrêté INB, les agressions internes prises en compte dans le dimensionnement sont les suivantes :

- L'incendie, en considérant les trois volets de la protection que sont :
 - a) la prévention (par le recours à des matériaux peu combustibles, à des règles d'installation particulières et un fractionnement du potentiel calorifique en secteurs et zones de feu),
 - b) la sectorisation,
 - c) le contrôle : la détection (par la localisation rapide du point de détection et le déclenchement de l'alarme) et la lutte contre l'incendie consistant à assurer l'évacuation du personnel et l'extinction du feu par des moyens mobiles ou fixes – ce troisième volet étant plutôt destiné à la protection de l'environnement au sens des risques classiques.
- L'inondation en considérant les sources potentielles telles que les fuites d'équipements (pompes, robinets, réservoirs, etc.) les ruptures ou fissures de tuyauteries, le débordement de réservoirs, la rupture de certaines bâches ou l'aspersion par les systèmes de lutte contre l'incendie.
- Les ruptures de tuyauteries haute énergie, qui peuvent provoquer, du fait de leurs conditions de fonctionnement élevées, des conséquences à l'extérieur de l'équipement concerné soit sous la forme mécanique par l'effet de fouettement de la tuyauterie elle-même soit sous la forme fluide (jet, ambiance dégradée en termes de pression, température et irradiation, aspersion), les aspects liés à l'inondation étant traités dans le cadre défini précédemment.
- Les défaillances de réservoirs, pompes ou vannes qui, selon leur caractère haute ou moyenne énergie lié à leur condition de fonctionnement, sont susceptibles d'engendrer des missiles internes ou une inondation.
- Les missiles internes générés par la défaillance d'équipement mécanique haute énergie de type réservoirs ou vannes ou comme, par exemple, l'éjection d'éléments mécaniques sous pression tels que les tiges des grappes de commande, les cannes du pressuriseur, ou les défaillances des matériels tournants (pompes, turbines par exemple).
- Les explosions internes liées aux gaz inflammables ou explosifs présents sur l'INB en considérant les sources potentielles d'explosion suivantes : l'explosion interne aux circuits, l'explosion interne aux bâtiments provenant d'un dégagement de gaz explosifs de ces circuits ou de process (batteries...) dans les locaux qui les abritent, l'explosion externe aux bâtiments résultant de l'éclatement de capacités ou de dégagement provenant d'un circuit.

- Les collisions et chutes de charge générées par la défaillance des moyens de manutention lors des transports à l'intérieur de l'installation.
- Les interférences électromagnétiques internes générées par les décharges électrostatiques ou liées à l'activité industrielle humaine et au fonctionnement des appareils et installations de la tranche nucléaire.

Elles se traduisent par des règles d'installation et/ou des dispositions de protection interne appliquées à chacun des bâtiments concernés. Au terme de la conception, une étude de vérification confirme l'atteinte des objectifs de sûreté fixés vis-à-vis de ces agressions, étude réalisée pour chacun des bâtiments concernés sur la base de règles proches de celles utilisées pour les événements initiateurs (prise en compte d'une défaillance unique et des indisponibilités dues aux actions de maintenance préventive).

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 3.4 du RDS.

1.2.3.5.2. LES AGRESSIONS EXTERNES

En cohérence avec [Réf \[4\]](#) et l'arrêté INB, les agressions externes considérées dans la conception de l'installation et dans la démonstration de sûreté sont décrites ci-après de manière succincte :

- Les séismes, au travers de la prise en compte de mouvements sismiques de dimensionnement sous la forme de jeux de spectres dits « EUR » calés à 0,25 g ou 0,20 g selon qu'ils sont appliqués à la partie standard de l'installation nucléaire ou aux ouvrages de site. En tant que cas de charge, ces spectres sont utilisés pour le dimensionnement des ouvrages et équipements classés de sûreté. La conception est complétée par une analyse de sûreté visant d'une part à s'assurer de la cohérence des hypothèses avec les exigences de la RFS 2001-01 (comprenant la vérification des marges sismiques) et d'autre part à vérifier l'absence de conséquences de défaillances simples ou multiples d'équipements sous séisme dans le cadre d'une démarche de type « séisme événement ».
- Les chutes d'avion, au travers d'une approche conforme aux termes de la RFS I.2.a qui impose de considérer les risques induits par le trafic aérien en s'appuyant sur sa répartition en trois familles d'avions qui sont l'aviation générale (avions de masse inférieure à 5,7 tonnes), l'aviation militaire et l'aviation commerciale. La probabilité d'un dégagement inacceptable en limite de site à la suite d'une agression de ce type sert de base à la définition du cas de charge servant au dimensionnement de l'installation.
Pour les réacteurs du parc français, l'aviation générale caractérisée par deux types d'avions jugés représentatifs (Cessna 210 et Lear Jet 23) est considérée dans le dimensionnement des bâtiments nécessitant d'être protégés. L'aviation militaire et commerciale ne sont pas retenues sur une base probabiliste.
Pour EPR, la démarche générale d'amélioration significative de la sûreté a conduit à considérer le risque aérien dans sa totalité (à savoir militaire et commercial) indépendamment de la probabilité d'occurrence de l'événement, [\[1\]](#)
- Les explosions externes, dans le cadre des événements liés aux installations industrielles et aux voies de communication en cohérence avec les exigences de la RFS I.2.d. Un cas de chargement standard est défini ayant pour objectif de représenter l'onde incidente de pression générée par l'explosion. Vis à vis des bâtiments à protéger, des coefficients multiplicateurs sont appliqués sur l'onde incidente pour tenir compte des réflexions possibles dues aux formes et aux distances des parois des ouvrages environnants. En complément une analyse de la suffisance en termes de sûreté des dispositions de conception est réalisée.
- Les gaz toxiques, corrosifs ou inflammables qui sont considérés dans le cadre des événements liés aux installations industrielles et aux voies de communication D'autres conséquences de ce type d'événement liés à l'environnement du site sont considérées tels que les incendies hors du site.
- Des agressions spécifiques au site liées à la proximité des tranches de Flamanville 1 et 2. Elles constituent des agressions externes à la tranche de Flamanville 3 et peuvent induire des risques tant nucléaires que classiques.
- Les inondations externes, en cohérence avec les exigences de la RFS I.2.e, sur les différents niveaux d'eau à retenir dans le calage de la plate forme et dans la vérification des marges de

sécurité dont dispose l'installation vis à vis des seuils atteints historiquement. La démarche intègre de plus le retour d'expérience d'événements survenus sur le parc en tenant compte d'aléas complémentaires (houle, intumescence, pluie, ...) à ceux définis dans la RFS I.2.e et de leurs conjonctions potentielles.

- Les remontées de nappe phréatique, qui sont considérées dans le cadre des inondations externes soit en tant que l'une de leurs origines potentielles soit en tant qu'aléa se cumulant à une autre origine.
- Les conditions climatiques extrêmes sous les différents phénomènes concernés (température, neige, vent, pluie, ...) aussi bien pour les chargements qu'elles induisent de manière directe sur les structures et équipements ou au travers des agressions qu'elles génèrent (par exemple le vent en tant que pression sur les parois ou en tant que générateur de projectiles lourds). Des cas de charge sont définis pour chacun des phénomènes considérés, tenant compte des conditions générales d'implantation de l'installation, telles que par exemple un site en bord mer. Des vérifications du dimensionnement de l'installation (en tant que sous-standard) vis à vis du site retenu sont ensuite réalisées.
- La foudre et les interférences électromagnétiques en cohérence avec la réglementation applicable, à savoir l'arrêté INB du 7 février 2012. Des règles de conception et d'installation des équipements sensibles (principalement électriques) sont définies et mises en œuvre de manière à les protéger, par exemple au travers d'écrans pour les câbles ou de maillage pour la connectique.
- La sécheresse et la formation de glace, qui sont prises en compte dans le cadre des conditions climatiques extrêmes pour les sites concernés.
- Des agressions spécifiques au site, liées à l'environnement marin, telles que le colmatage de la source froide principale par une arrivée massive de corps marins ou par une pollution aux hydrocarbures. La protection contre de telles agressions est directement assurée par la conception de la station de pompage, garantissant en toute circonstance le transit d'eau brute filtrée pour les besoins des circuits classés de sûreté, et par des dispositifs d'alerte initiant des actions préventives.

De plus, suite à la demande de l'ASN, une étude de la robustesse à la tornade est réalisée.

En tant qu'approche générale, la protection vis à vis des agressions externes est réalisée au travers de la définition de cas de charge à appliquer sur les équipements, systèmes et structures qui doivent résister à ces chargements. Pour certaines agressions externes, l'approche « cas de charge » peut être complétée par une approche événementielle.

Suite au REX Fukushima, des niveaux d'aléas extrêmes relatifs aux inondations externes, au séisme et à la tornade ont été pris en compte pour les composants, systèmes et structures (SSC) du noyau dur.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 3.3 du RDS (sous-chapitre 21.0 pour les aléas du noyau dur).

1.2.3.5.3. AUTRES AGRESSIONS PRISES EN COMPTE

En complément des agressions recensées au § 1.2.3.5.1. et au § 1.2.3.5.2., la conception de l'installation EPR prend en compte d'autres agressions qui résultent d'actes de malveillance. Vis-à-vis de ces agressions, la protection de l'installation est réalisée au travers d'un ensemble de dispositions qui correspondent aux principes de la défense en profondeur.

Les solutions techniques retenues et les analyses conduites pour valider la robustesse de l'installation vis-à-vis des menaces sont établies conformément au code de la défense. Elles sont examinées par les pouvoirs publics dans ce cadre. Les éléments de démonstration de la sûreté de l'installation vis-à-vis des actes de malveillance sont apportés dans un dossier classé confidentiel défense.

1.2.3.5.4. LES CUMULS D'AGRESSIONS

Le retour d'expérience tant national qu'international d'événements liés à des agressions externes a mis en évidence la possibilité pour l'exploitant d'être confronté à des situations de cumul d'agressions (par exemple l'incident de la centrale du Blayais et plus récemment l'accident de la centrale de Fukushima).

Pour EPR, une analyse des différents cumuls potentiels d'agressions est effectuée. Elle résulte d'une approche pragmatique fondée sur l'expertise et le retour d'expérience. A partir d'une agression donnée, elle considère :

- les cumuls de phénomènes physiques inhérents à l'agression elle-même,
- les cumuls de l'agression considérée et d'événements ou d'agressions internes ou externes potentiellement dépendants,
- les cumuls de l'agression et de conditions initiales internes ou externes indépendantes.

Elle permet de retenir un certain nombre de combinaisons d'agressions qui sont ensuite considérées dans le dimensionnement de l'EPR.

1.2.3.6. LES ÉTUDES SPÉCIFIQUES

L'analyse de sûreté est complétée par un ensemble d'études spécifiques qui traite de situations exclues du dimensionnement par conception, notamment du fait de l'application du concept d'exclusion de rupture, ainsi que par des études justificatives particulières. Ces situations traitées au titre de la défense en profondeur sont :

- la rupture guillotine doublement débattue d'une tuyauterie primaire principale,
- la rupture guillotine doublement débattue d'une ligne vapeur principale, pour l'étude réalisée au titre de la vérification de l'enceinte de confinement, et de la qualification des équipements à l'intérieur de l'enceinte⁴,
- la vidange de 2 générateurs de vapeur résultant de la rupture des tuyauteries vapeur □.

Par ailleurs, les études spécifiques à l'interaction pastille-gaine sont présentées.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 19.3 du RDS.

1.2.3.7. VERIFICATION DE L'ABSENCE D'EFFET FALAISE

La présence de marges suffisantes pour éviter un éventuel effet falaise est assurée au travers de la démarche même de conception et de la démonstration de sûreté nucléaire associée, qui imbrique les différents niveaux de défense en profondeur (voir [§ 1.2.1.](#) précédent). Ces derniers présentent également des conservatismes intrinsèques :

- Dans le domaine de conception de référence, ainsi que pour les agressions internes et les agressions externes de référence, la démonstration d'absence d'effet falaise se base sur la prise en compte de conservatismes dans les règles, hypothèses et données d'entrée considérés (voir chapitre 15 du RDS). Elle est complétée par des études de sensibilité complémentaires (visant par exemple à étudier une défaillance passive ayant lieu à court terme ou avec un taux de fuite augmenté) qui supposent des scénarios allant au-delà du domaine de conception de référence. De plus, les événements « exclus » de la liste des événements de dimensionnement PCC sont analysés au titre de la défense en profondeur, de manière à introduire des marges de sécurité supplémentaires dans la conception de certains systèmes et composants et de s'assurer qu'il n'y a pas d'effet falaise (voir sous-chapitre 19.3 du RDS).
- Dans le domaine de réduction du risque RRC-A, la démonstration d'absence d'effet falaise se base sur la prise en compte de valeurs raisonnablement enveloppes pour différents paramètres, notamment les paramètres dominants (qui influencent au premier ordre le résultat de l'étude) dans les études des conditions de fonctionnement RRC-A (voir sous-chapitre 19.1 du RDS).
- L'étude des conséquences d'agressions externes extrêmes naturelles (« séisme », « inondation » et « tornade ») permet également de vérifier qu'un niveau d'aléa plus sévère que celui défini de

4. la rupture guillotine doublement débattue d'une ligne vapeur principale est également étudiée vis-à-vis de ses conséquences sur le cœur, en tant que condition de fonctionnement de référence enveloppe des autres initiateurs PCC de même nature, voir chapitre 15.

façon conservatrice pour les agressions externes de référence ne conduit pas à des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement. (voir chapitre 21 du RDS).

- Enfin, concernant la démonstration associée à la mitigation de la fusion du cœur, les études de sensibilité réalisées sur les hypothèses structurantes associées aux situations de fusion du cœur, contribuent également à garantir la présence de marges suffisantes (voir sous-chapitre 19.2 du RDS).

In fine, le remontage probabiliste global permet de vérifier que le risque de fusion du combustible, en tenant compte de tous les types d'événements (événements internes, agressions internes et externes), est inférieur à 10^{-5} par réacteur et par an, et que les rejets importants ou précoces sont rendus extrêmement improbables avec un haut degré de confiance. Ces évaluations probabilistes sont complétées autant que de besoin par des analyses de sensibilité afin de traiter les incertitudes de modèle et d'identifier d'éventuels effets faibles associés aux principales hypothèses de l'EPS (voir chapitre 18 du RDS).

1.2.4. LES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

1.2.4.1. SITUATIONS RETENUES POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

Sur le plan du principe, l'évaluation des conséquences radiologiques doit permettre de rendre compte de l'aptitude de l'installation à remplir sa fonction de confinement des matières radioactives, lorsque celle-ci est requise, pour l'ensemble des situations prises en compte à la conception de l'installation.

Les situations prises en compte sont les suivantes :

- les conditions de fonctionnement avec initiateur simple (PCC2, 3 et 4) :
 - a) Elles sont, pour la plupart, liés au process chaudière et sont choisies de manière à maximiser la sollicitation sur les trois fonctions fondamentales de sûreté que sont la maîtrise de la réactivité du cœur, l'évacuation de la puissance résiduelle et le confinement des produits radioactifs.
 - b) Certaines, qui ne sollicitent que la fonction confinement, ne sont étudiées qu'au titre des conséquences radiologiques (ex : accident de manutention dans le BK, ou rupture du réservoir de traitement des effluents gazeux).
- les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (RRC-A),
- les accidents avec fusion du cœur à basse pression,
- les agressions.

Dans le rapport de sûreté, les conditions de fonctionnement de référence PCC 2, 3 et 4, les conditions de fonctionnement RRC-A et les hypothétiques accidents avec fusion du cœur font l'objet d'évaluations de conséquences radiologiques, qui permettent de vérifier, in fine, que « le confinement » des produits radioactifs est assuré, compte-tenu de l'étanchéité des systèmes et des filtrations impliquées.

Cette vérification, réalisée notamment par la comparaison des doses obtenues aux objectifs du projet, [§ 1.2.4.2.](#), permet, compte tenu de l'inventaire mis en jeu et de la fréquence d'occurrence de la situation considérée, de porter un jugement sur le bien-fondé des dispositions prises à la conception.

En ce qui concerne les agressions, la recherche du découplage entre l'étude de l'agression elle-même et le processus chaudière permet de ne pas les étudier en tant que scénarios spécifiques dans les études d'accidents. Il est toutefois justifié, dans le rapport de sûreté, que les conséquences radiologiques des situations résultant des risques internes et externes sont au plus équivalentes à celles évaluées pour des conditions de fonctionnement de fréquences d'occurrences équivalentes. Les principes de cette vérification sont précisés dans les sous-chapitre 3.3 et sous-chapitre 3.4.

Au stade du rapport de sûreté, cette démarche conduit à présenter une analyse des transitoires enveloppes du point de vue des conséquences radiologiques.

1.2.4.2. OBJECTIFS ASSOCIÉS AUX ÉVALUATIONS DE CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

Pour le projet EPR, des exigences concernant les conséquences radiologiques des accidents ont été fixées dès la conception y compris pour les hypothétiques accidents avec fusion du cœur.

Pour les accidents conventionnels (PCC3 et PCC4), le principe retenu et spécifié dans les Directives Techniques (cf. [Réf \[2\]](#)) s'exprime par l'absence de nécessité de mesure de protection des populations vivant au voisinage de l'installation :

- pas d'évacuation,
- pas de mise à l'abri,
- pas de distribution de comprimé d'iode.

En accord avec ces objectifs, et en application de l'arrêté du 20 novembre 2009, il est demandé en pratique d'estimer les doses reçues par la population à court terme (7 jours) et en limite de site (500 m), et de vérifier qu'elles ne dépassent pas les valeurs suivantes, en faisant au besoin intervenir dans la démonstration des restrictions de consommation de certaines denrées alimentaires selon les limites de commercialisation européenne :

- dose efficace < 10 mSv,
- dose équivalente à la thyroïde < 50 mSv.

Le projet EPR n'introduit pas de distinction entre les critères d'acceptabilité des conséquences radiologiques des accidents PCC3 et PCC4. Il en résulte une bonne convergence entre les critères PCC3-4 du projet EPR et catégorie 3 pour les tranches en exploitation, tandis que pour les accidents de catégorie 4, le niveau d'exigences est moins sévère pour les tranches en exploitation que pour le projet EPR qui a renforcé les siennes.

Cet aspect de la conception est présenté au sous-chapitre 15.3 du RDS.

Pour les accidents du RRC-A, les objectifs sont les mêmes que pour les accidents PCC 4.

Cet aspect de la conception est présenté dans la section 19.1.4 du RDS.

Pour les hypothétiques accidents avec fusion du cœur, une attention particulière a été portée à la connaissance de leur phénoménologie et à l'appréciation de leurs conséquences dès la conception. Des exigences ont été fixées (cf. [Réf \[2\]](#)) visant à limiter dans le temps et dans l'espace l'impact d'un éventuel accident avec fusion du cœur, à savoir :

- mise à l'abri limitée,
- pas de nécessité d'évacuation d'urgence au delà du voisinage immédiat de la centrale,
- pas de relogement permanent,
- pas de restriction à long terme de consommation de produits alimentaires.

Les niveaux à considérer pour ces différentes mesures de protection sont les suivants :

- Mesures de court terme :
 - a) mise à l'abri : 10 mSv (dose efficace),
 - b) évacuation : 50 mSv (dose efficace),
 - c) distribution de comprimés d'iode : 50 mSv (dose équivalente à la thyroïde).

- Mesures de moyen et long terme :

- a) relogement : 10 mSv / mois pour une exposition prolongée (débit de dose d'irradiation par le sol) ou 1 Sv (dose efficace).

Les restrictions éventuelles de consommation des denrées produites dans le voisinage de l'installation relèvent quant à elles de la réglementation européenne qui prévoit des limites de commercialisation de ces denrées en cas d'accident nucléaire ou autre urgence radiologique.

Cet aspect de la conception est présenté dans la section 19.2.3 du RDS.

1.2.4.2.1. PRINCIPALES MÉTHODES ET HYPOTHÈSES RETENUES POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

La vérification du respect des objectifs radiologiques se fait au travers de l'évaluation par le calcul des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement retenues ; il est donc important de préciser les principes et hypothèses de base associées à ces évaluations.

Les principes des évaluations de conséquences radiologiques sont résumés ci-après :

- L'évaluation de l'activité rejetée repose sur des méthodes et des hypothèses conservatives qui valorisent les dispositions de conception retenues sur EPR.
- Le principe qui consiste à assurer un pH basique de l'eau de l'IRWST (de l'ordre de 7,5) en APRP et en AG, de manière à limiter la production d'iode volatil dans l'enceinte, a notamment été retenu.
- Le calcul de la dose efficace inclut toutes les voies potentielles d'exposition : exposition externe par irradiation au panache et aux dépôts, exposition interne par inhalation et par ingestion de denrées contaminées. Il est effectué sur une durée de 50 ans. Les résultats sont présentés :
 - a) A 7 jours : les doses relatives à cette phase correspondent à l'exposition d'un individu se trouvant à proximité immédiate du site au moment du rejet : les doses efficaces reçues par inhalation, exposition externe au panache et aux dépôts sur le sol sont calculées à 500 m du site. En complément, la dose engagée à la thyroïde par inhalation est également évaluée pour l'adulte et pour l'enfant de 1 an.
 - b) A 50 ans : les doses à 50 ans représentent les effets intégrés sur la vie d'un individu. Outre les doses reçues lors du passage du nuage radioactif, les doses reçues au cours de cette phase sont dues à la persistance de la contamination déposée sur le sol. Les individus vivant à proximité de la centrale sont soumis à une exposition externe aux dépôts sur le sol ainsi qu'à une exposition interne par ingestion de denrées contaminées, sur une durée de 50 ans. Ces doses sont évaluées à 2 km du point de rejet.

Hypothèses du calcul de doses :

Les principales hypothèses relatives aux calculs de doses (diffusion atmosphérique des produits de fission relâchés dans l'environnement, facteurs de conversion en dose, prise en compte des spécificités du site de Flamanville) sont précisées dans le sous-chapitre 15.3, et les sections 19.1.4 et 19.2.3 du RDS.

1.2.4.2.2. RÉSULTATS

Les calculs réalisés montrent le respect des objectifs. *Ces calculs sont présentés dans le sous-chapitre 15.3 et les sections 19.1.4 et 19.2.3 du RDS.*

1.2.5. LE CLASSEMENT DE SÛRETÉ ET LES EXIGENCES ASSOCIÉES

Le classement de sûreté constitue une démarche formalisée et structurée permettant d'identifier et de différencier les exigences de conception, réalisation et suivi en exploitation portées sur les ouvrages, systèmes et matériels en lien avec leur contribution aux objectifs de sûreté.

1.2.5.1. La démarche de classement de sûreté

La démarche de classement de sûreté de l'EPR repose sur deux approches complémentaires – l'approche fonctionnelle et l'approche barrière.

L'approche fonctionnelle vise à identifier les fonctions et les systèmes nécessaires à la protection du cœur et des barrières ainsi qu'à la limitation des rejets dans l'environnement dans les situations à prendre en compte (PCC, RRC-A et accident grave). Cette approche est formalisée par un classement fonctionnel F qui comprend trois classes de sûreté F1A, F1B et F2. La répartition des fonctions de sûreté et des systèmes permettant leur accomplissement dans ces trois classes est, en premier lieu, basée sur leur contribution soit à l'atteinte des deux états physiques que sont « l'état contrôlé » et « l'état sûr » pour les conditions de fonctionnement de référence (PCC-2 à PCC-4) soit à l'atteinte de « l'état final » pour les conditions de fonctionnement RRC-A. Des critères de classement fonctionnel sont également associés à la prévention des rejets importants et à l'atteinte et au maintien d'un « état maîtrisé » en situation d'accident grave, à la maîtrise des agressions internes et externes, etc.

L'approche barrière vise la prévention, la maîtrise et la limitation des rejets en distinguant les équipements en fonction des rejets induits par leur défaillance éventuelle. Elle est formalisée par un classement mécanique M qui comprend trois classes de sûreté M1, M2 et M3. Les équipements concernés par le classement mécanique M sont ceux susceptibles de contenir, dans les situations à prendre en compte, du fluide dont l'activité volumique est supérieure à des seuils définis au paragraphe 2.1.2 de la section 3.2.1.

Par ailleurs, les bâtiments abritant des équipements classés mécanique M et pouvant contenir des substances radioactives ou des équipements remplissant des fonctions F1A ou F1B font l'objet d'un classement dédié, dénommé C1.

Le classement de sûreté, fondé sur ces deux approches complémentaires, est enfin complété par un classement sismique SC qui vise à tenir compte des effets du séisme sur les équipements et ouvrages classés de sûreté et comprend deux classes de sûreté SC1 et SC2. La classe SC1 concerne, entre autres, les équipements remplissant des fonctions F1A ou F1B ou classés M1 ou M2 et les bâtiments classés C1. La classe SC2 concerne les équipements et ouvrages qui protègent ou peuvent avoir un impact inadmissible sur les équipements classés SC1 en cas de séisme.

La démarche de classement de l'EPR présentée ci-dessus a été développée sur la base du chapitre B.2.1 des Directives Techniques. Les ouvrages, matériels et systèmes classés de sûreté en application de cette démarche sont des EIP au sens de l'Arrêté INB du 7 février 2012. La démarche de classement a été complétée pour intégrer les éléments correspondant aussi à des EIP associés aux risques liés aux incidents et accidents radiologiques (dénommés EIPS) mais ne relevant pas formellement des principes de classement retenus en application des Directives Techniques (voir § 1.2.1.4.). Ces éléments sont désormais identifiés en tant que « autres EIPS » et leur ensemble a été intégré parmi les classements de sûreté de l'EPR.

Cet aspect de la conception est présenté dans la section 3.2.1 du RDS.

1.2.5.2. LE CLASSEMENT DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES, ÉLECTRIQUES, I&C ET SISMIQUE

La démarche de classement de l'EPR définit des exigences selon la classe d'appartenance des ouvrages, systèmes et matériels. Ces exigences sont à compléter par celles issues de la réglementation applicable, notamment vis-à-vis des équipements mécaniques (par exemple, la réglementation des équipements sous pression).

Le classement fonctionnel F est associé, avec modularité selon ses classes, à l'application des exigences suivantes pour les systèmes concernés :

- application du critère de défaillance unique (cf. § 1.2.5.3. ci-après),
- séparation physique,
- alimentation électrique secourue,

- conception sismique,
- assurance de la qualité,
- aptitude aux essais périodiques,
- qualification à l'ambiance.

Les exigences portées sur les équipements remplissant des fonctions classées F ou sur des équipements classés M incluent selon les cas :

- l'utilisation de codes de conception validés,
- la qualification au séisme et aux conditions d'ambiance auxquelles ils sont soumis (cf. [§ 1.2.5.4.](#) ci-après),
- l'assurance de la qualité,
- l'aptitude aux essais périodiques.

En particulier, le classement fonctionnel F des fonctions de sûreté détermine le niveau d'exigences associé aux équipements électriques et de contrôle-commande remplissant ces fonctions. Ces exigences sont portées par les classes EE1 et EE2 pour les équipements électriques et E1A, E1B et E2 pour les équipements de contrôle-commande.

Le niveau de qualité de conception et de réalisation (Q1, Q2, Q3 ou non classé Q) des équipements mécaniques tient compte de leurs classements mécanique M et fonctionnel F ainsi que des exigences réglementaires applicables (par exemple, l'arrêté ESPN). Il permet de déterminer le code et les règles à appliquer pour la conception et la réalisation de ces équipements (voir section 3.6.2).

Des exigences de conception, de montage et de contrôle sont exprimées par le classement « Haute Sécurité » dédié aux dispositifs de manutention et comprenant deux niveaux HS1 et HS2.

Le classement sismique SC est associé à des exigences telles que l'opérabilité pendant ou après séisme, l'intégrité, la stabilité, etc. applicables selon les cas.

Enfin, les exigences communes applicables aux éléments identifiés en tant que « autres EIPS » (voir paragraphe 3.4 de la section 3.2.1) répondent aux règles générales de l'arrêté INB relatives aux EIP.

Cet aspect de la conception est présenté sur le plan du principe dans le sous-chapitre 3.2 du RDS et sur le plan de la mise en œuvre dans chacun des chapitres concernés.

1.2.5.3. LE CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE

Un système est conçu selon le critère de défaillance unique s'il est capable de remplir sa fonction en dépit d'une défaillance unique indépendante de l'événement dont la maîtrise nécessite le fonctionnement du système. La défaillance unique peut être active à court et à long termes ou passive à long terme (après 24 heures).

Une défaillance unique **active** est définie comme :

- soit le dysfonctionnement d'un équipement mécanique ou électrique qui suppose un mouvement mécanique pour accomplir la fonction attendue à la demande (par exemple basculement d'un relais, démarrage d'une pompe, ouverture ou fermeture d'une vanne),
- soit le dysfonctionnement d'un équipement de contrôle-commande.

Nota : les défaillances suivantes sont exclues lors de l'application du critère de défaillance unique :

- 1) la défaillance à l'ouverture des clapets des accumulateurs,
- 2) la défaillance à la fermeture d'une vanne d'isolement des tuyauteries de vapeur principale en cas de rupture d'un ou plusieurs tubes de générateurs de vapeur,

- 3) la défaillance à la refermeture d'une soupape du pressuriseur après sa sollicitation.
- 4) la défaillance à la fermeture d'une vanne d'isolement des accumulateurs.

Ces exclusions sont justifiées par des dispositions de conception et d'exploitation supportées par la prise en compte du retour d'expérience d'exploitation. Cette justification est complétée par une analyse des conséquences de la prise en compte de la défaillance avec des hypothèses réalistes (voir section 15.0.2).

Une défaillance unique **passive** est définie comme une défaillance qui apparaît dans un équipement qui n'a pas besoin de changer d'état pour réaliser sa fonction. Une défaillance passive peut être :

- une fuite de l'enveloppe sous pression d'un système fluide ; une telle fuite, si elle n'est pas détectée et isolée, est supposée s'accroître jusqu'au débit correspondant à une rupture totale,
- une défaillance mécanique empêchant l'écoulement normal de ce fluide.

La défaillance unique passive est prise en compte seulement pour le long terme (après plus de 24 h de fonctionnement des systèmes de sûreté), avec un taux de fuite supposé conventionnellement égal à 200 litres par minute jusqu'à l'isolement de la fuite.

En complément, pour chaque système F1, des études de sensibilité sont réalisées pour montrer que le cas d'une défaillance unique passive à court terme (avant 24 h), de même que le cas d'un taux de fuite plus grand que 200 l/mn (jusqu'à la rupture d'une tuyauterie connectée d'un diamètre intérieur de 50 mm), sont couverts par la prise en compte des défaillances uniques actives ou ne conduisent pas à un effet falaise pour ce qui concerne l'efficacité du système ainsi que les conséquences radiologiques.

1.2.5.4. CAS PARTICULIER DE L'EXIGENCE DE QUALIFICATION

Conformément à l'article 2.5.1 de l'arrêté INB, les éléments importants pour la protection font l'objet d'une qualification, proportionnée aux enjeux, visant à garantir la capacité desdits éléments à assurer les fonctions qui leur sont assignées vis-à-vis des sollicitations et des conditions d'ambiance associées aux situations dans lesquelles ils sont nécessaires.

L'exigence de qualification concerne les EIPS, vis-à-vis des conditions accidentelles, des agressions ou des situations du noyau dur et les EIPR.

La qualification aux conditions accidentelles prend en compte les sollicitations auxquelles les équipements peuvent être soumis en fonctionnement normal, et dans les situations accidentelles résultant d'un événement lié à la chaudière nucléaire. Les principaux aspects intégrés dans ces conditions sont les suivants :

- Le fonctionnement normal : l'objectif est d'apprécier par la qualification dite « aux conditions normales » le comportement des équipements dans le temps. Un programme de qualification spécifique à chaque type de matériel est établi et peut comprendre selon ses conditions d'exploitation :
 - des essais de référence durant lesquels le matériel est testé dans ses conditions nominales de fonctionnement ce qui permet d'établir un « point zéro » de ses caractéristiques,
 - des essais aux limites d'emploi fonctionnelles durant lesquels l'influence des principaux paramètres d'environnement (vibrations, température, ...) liés à ses conditions d'installation est appréciée,
 - des essais de robustesse et/ou d'appréciation du comportement dans le temps mettant en jeu des contraintes (irradiation, température, ...) censées faire vieillir le matériel artificiellement sans toutefois chercher à démontrer une durée de vie qualifiée même si une hypothèse de durée de vie est retenue pour établir la spécification.
- Les situations accidentelles résultant d'un événement lié à la chaudière nucléaire : le classement de sûreté des équipements concernés ainsi que les situations dans lesquels ils sont appelés

déterminent leurs conditions de qualification qu'il est possible de répartir dans les cinq groupes suivants :

- **Qualification à l'ambiance dégradée** : vis-à-vis des accidents de référence et des situations avec défaillances multiples, des familles de conditions d'ambiance sont définies dans les différents bâtiments abritant des matériels ayant une exigence de qualification aux conditions accidentelles et dont l'ambiance est susceptible de se dégrader en situation accidentelle. Les matériels sont affectés à l'une des familles suivant le type de situation et la durée pendant lesquelles ils sont nécessaires.
Dans un but d'optimisation et d'efficacité technico-économique, des conditions standardisées sont définies qui permettent d'approcher au mieux les conditions réelles d'ambiance auxquelles ces équipements seront susceptibles d'être soumis en situation accidentelle, tout en conservant une marge vis à vis de ces conditions. Pour la qualification d'un matériel donné, les conditions standardisées à retenir (profil thermodynamique d'une part, dose d'irradiation d'autre part) dépendent de sa localisation, de l'éventuelle périodicité de remplacement de ses composants sensibles au vieillissement et de sa famille de conditions d'ambiance.
Dans la pratique, les conditions standardisées les plus enveloppes pour le bâtiment concerné sont souvent retenues. Cela présente l'intérêt de faciliter la gestion et le réemploi des équipements ainsi qualifiés. Par contre cela conduit à disposer parfois de marges très importantes vis à vis des conditions réellement vues par les équipements en exploitation.
Au niveau de la démonstration de la qualification, le document de référence est la norme CEI60780. Les trois pratiques de qualification suivantes qui sont compatibles avec cette norme, peuvent être employées : la pratique française basée sur le RCC-E, la pratique allemande basée sur les règles KTA et la pratique américaine, basée sur les règles IEEE. Chacune de ces pratiques est applicable dans la mesure où la qualification est vérifiée pour un requis supérieur ou égal à celui du projet EPR.
Vis à vis des hypothétiques accidents avec fusion du cœur, des conditions de qualification spécifiques à chaque matériel concerné sont définies tenant compte des missions qu'ils ont à assurer.
- **Qualification aux sollicitations sismiques** : le séisme fait l'objet d'un traitement particulier dans la démarche de qualification car il constitue, en cas d'apparition, le mode commun susceptible de porter atteinte à l'ensemble de l'installation quel que soit le lieu d'implantation des ouvrages et équipements. A partir des spectres sismiques (définis dans la section 3.3.2) et de la détermination des principaux spectres de planchers, la démarche de qualification s'appuie soit sur une justification par calcul du dimensionnement des équipements soit sur des « essais sismiques » en employant des méthodes qui s'appuient sur la norme CEI 60980.
- **Qualification à la RTHE** des organes d'isolement ayant à se fermer en cas de rupture dans des conditions « haute énergie ».
- **Qualification au fonctionnement en Eau Chargée et Active des matériels ayant à fonctionner avec de l'eau chargée active.**
- **Qualification relative à l'étanchéité** pour les matériels appartenant à la 3^{ème} barrière et à son extension.

Par ailleurs, les équipements requis dans le cadre des études d'agression interne ou externe doivent être aptes à rester fonctionnels malgré les différents phénomènes pouvant être induits par l'agression (par exemple, une explosion pouvant induire un incendie, la protection prévue contre l'incendie doit résister à l'onde de choc de l'explosion). Au niveau de la démonstration de la qualification, différentes méthodes sont utilisées qui dépendent de la nature de l'agression considérée. A titre d'exemple pour le cas de l'incendie, les méthodes décrites dans l'ETC-F sont employées pour justifier de la qualification des équipements EPR concernés.

La capacité des matériels du noyau dur à assurer leurs fonctions dans les conditions d'ambiance correspondant aux situations du noyau dur doit être justifiée. Dans un souci d'efficacité technico-économique, pour les SSC du noyau dur « existants », cette justification s'appuie sur la qualification déjà acquise pour les situations accidentelles dont les hypothétiques accidents de fusion coeur, quand les conditions d'ambiance des situations noyau dur le permettent. De même pour les agressions

externes retenues pour le noyau dur, la justification repose notamment sur la qualification aux sollicitations sismiques acquises. Pour les « nouveaux » SSC du noyau dur ou, le cas échéant, pour des SSC « existants » dont la qualification à certaines conditions d'ambiance noyau dur n'aurait pas été acquise, des compléments de justification sont apportés.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 3.7 à l'exception de la qualification des éléments du noyau dur détaillée dans le chapitre 21.

1.2.6. LES OUTILS DE DIMENSIONNEMENT

1.2.6.1. LES EPS

Les études probabilistes de Sûreté (EPS) constituent un élément essentiel de la démarche de conception de l'EPR et de sa démonstration de sûreté. En complément de la démarche déterministe, elles permettent d'évaluer le niveau de sûreté de l'installation en considérant la fiabilité des systèmes, les défaillances de cause commune pour des systèmes redondants, ainsi que la fiabilité humaine.

Les études probabilistes de sûreté permettent de justifier du respect de l'objectif global de fusion du cœur et des objectifs de sûreté au travers :

- des EPS de niveau 1, ayant pour objectif de quantifier le risque de fusion du cœur induit par les événements initiateurs internes (hors agression) pour les états en puissance et les états d'arrêts, en intégrant l'impact de la maintenance préventive,
- des EPS de niveau 2, ayant pour objectif de quantifier le risque de rejets dans l'environnement associé aux différents scénarios accidentels issus de l'EPS de niveau 1,
- des EPS Agressions, ayant pour objectif de quantifier le risque de fusion du cœur induit par les agressions internes et externes.

A l'issue des EPS de conception qui ont permis d'orienter la conception du réacteur, de fournir des éléments d'appréciation sur les diverses options de conception possibles, les EPS de réalisation permettent de vérifier l'adéquation du dimensionnement aux objectifs généraux de sûreté fixés à l'origine. Elles permettent notamment :

- de conforter le positionnement des initiateurs à prendre en compte dans le dimensionnement,
- de vérifier l'équilibre de la sûreté du réacteur en vérifiant l'absence de scénarios ayant une contribution dominante à la fréquence de fusion du cœur,
- d'identifier les situations RRC-A (Risk Reduction Category A) en s'assurant pour chacune d'elles de l'existence et de l'efficacité de dispositions particulières permettant de réduire le risque de fusion du cœur,
- en complément des dispositions déterministes prises pour les prévenir, de porter un jugement sur « l'élimination pratique » de certaines séquences de fusion du cœur conduisant à des rejets précoces importants (tels que les séquences de by-pass du confinement, les accidents de réactivité...),
- de confirmer la robustesse de la conception vis-à-vis des agressions internes et externes,
- de démontrer l'amélioration du niveau de sûreté par rapport aux tranches existantes.

En accord avec les exigences de la RFS 2002-01 sur l'utilisation des EPS, les éléments relatifs aux études probabilistes font l'objet d'une mise à jour, en particuliers sous les aspects suivants :

- les bases de données de fiabilité des matériels, intégrant la réalité des composants retenus (mécaniques, électriques, contrôle-commande...) ainsi que le scénario de maintenance,
- l'évaluation du facteur humain en cohérence avec les moyens de conduite mis en place (procédure accidentelles, interface homme machine),
- la quantification des incertitudes paramétriques à considérer dans les résultats des calculs,

- après la finalisation de la conception, la prise en compte détaillée de l'installation et des procédures d'exploitation pour les différentes situations rencontrées.

Cet aspect de la conception (bases de données, méthodes, calculs et résultats actualisés) est présenté dans le chapitre 18 du RDS.

1.2.6.2. LES CODES DE CONCEPTION, DE CALCULS ET LA MODÉLISATION DES SITUATIONS

1.2.6.2.1. CODES ET NORMES DE CONCEPTION

La conception du réacteur EPR relevant d'une approche évolutionnaire associée à des exigences de sûreté renforcées, les codes et normes correspondant à la pratique industrielle mise en œuvre pour la conception, la réalisation et la mise en service du réacteur EPR sont de trois types :

- les recueils de règles appelés RCC (Règles de Conception et de Construction) qui décrivent la pratique industrielle pour les réacteurs EDF actuellement en exploitation et dont une partie est applicable à EPR,
- les recueils de règles appelés ETC (EPR Technical Code) qui ont été élaborés pour exposer les pratiques industrielles spécifiques au réacteur EPR et qui se substituent à des RCC existants,
- les autres codes et normes, qui ont également vocation à s'appliquer au réacteur EPR, notamment compte tenu du contexte européen du projet (au niveau réglementaire et industriel).

La liste des différents codes de conception applicables est fournie dans le sous-chapitre 1.6 du RDS

1.2.6.2.2. CODES DE CALCUL

La conception des systèmes, équipements et ouvrages de l'EPR fait appel à de nombreux codes de calculs et à des modélisations de diverses situations, en particulier liées aux scénarios d'hypothétiques accidents avec fusion du cœur.

Une description de l'ensemble des actions de recherche et développement utilisées dans la conception de l'EPR figure au sous-chapitre 1.5 du présent rapport de sûreté.

Au niveau de leur qualification, les codes de calcul utilisés font l'objet d'une procédure visant à justifier de la validité des résultats obtenus et précisant les responsabilités respectives du fournisseur de l'application, du sous-traitant (si l'étude support est réalisée sous contrat) et d'EDF dans leur mise en œuvre.

Lorsqu'ils sont utilisés plus particulièrement pour la conception d'un équipement ou d'un ouvrage, les codes utilisés sont présentés à la fin du chapitre décrivant l'équipement ou l'ouvrage. Se trouvent ainsi dans le RDS :

- à la fin du chapitre 3, les codes utilisés pour la conception mécanique, les études de qualification et les études d'agression,
- à la fin du chapitre 4, les codes utilisés à la conception du réacteur,
- à la fin du chapitre 15, les codes utilisés pour les études d'accidents (PCC),
- à la fin du chapitre 19, les codes utilisés dans les études des scénarios d'hypothétiques accidents avec fusion du cœur.

1.2.6.2.3. LA QUALITÉ DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION

Pour la conception et la réalisation de l'EPR, EDF met en place un système de management sur lequel il s'appuie pour l'ensemble de ses activités relatives à la sûreté, à la qualité et au respect de l'environnement de l'installation.

Ce système comprend :

- des dispositions d'assurance de la qualité applicables tant à EDF que chez ses sous contractants et ses fournisseurs. Celles-ci sont conformes à l'arrêté INB du 7 février 2012 ainsi qu'aux exigences des normes ISO 9001 et ISO 14001.

- une organisation générale des ressources et des responsabilités permettant de réaliser et de satisfaire l'ensemble tâches et actions définis dans les processus concernés par la conception de l'installation.

Cet aspect de la conception est présenté dans le chapitre 16 du RDS.

1.2.7. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Conformément à l'arrêté INB du 7 février 2012 et l'article R593-18 du code de l'environnement, relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives, l'analyse de sûreté du projet EPR prend en compte l'impact de la centrale sur l'environnement, et ce au travers :

- des rejets en fonctionnement normal de l'installation, ainsi qu'à la fin de la vie de l'installation lors des opérations de démantèlement,
- des risques non nucléaires présentés par l'installation appelés « risques classiques »,
- des risques radiologiques, pour lesquels l'impact sur l'environnement des accidents d'origine nucléaire est examiné dans le cadre des conséquences radiologiques.

Ces aspects sont développés dans les chapitres 15 et 19 du RDS.

1.2.7.1. LES RISQUES CLASSIQUES D'ORIGINE NON NUCLÉAIRE

L'analyse de sûreté s'appuie sur une méthode permettant de démontrer que l'ensemble des risques potentiels de type « classiques » ont été identifiés, traités et que leurs conséquences sont acceptables pour l'environnement, à savoir pour les personnes du public situées en limite de site. Elle s'apparente à celle retenue dans le cadre de l'application des prescriptions de l'arrêté INB du 7 février 2012 et repose sur les étapes suivantes :

- recensement des installations potentiellement à risques « classiques » de l'INB,
- identification de celles susceptibles de conduire à des conséquences sur l'environnement ou sur les autres installations du site et dont le risque n'est pas traité à la source par des dispositions de conception,
- identification des événements initiateurs permettant de définir un ou plusieurs scénarii enveloppes puis mise en place de lignes de défense (matérielles ou organisationnelles) pour les installations conduisant à des impacts sur l'environnement ou sur les bâtiments abritant des fonctions de sûreté,
- vérification de l'efficacité de ces lignes de défense à travers l'étude de scénarii enveloppes.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 3.8 du RDS.

1.2.7.2. LES EFFLUENTS LIQUIDES ET GAZEUX

Une recherche d'amélioration de la performance environnementale de l'installation EPR par rapport aux tranches du parc en exploitation a été entreprise et conduit aux principales avancées significatives suivantes :

- **Hors tritium et carbone 14, des rejets radioactifs liquides faibles** grâce notamment au recyclage des effluents primaires aérés et à un meilleur tri sélectif des drains de plancher ; une diminution des termes sources en cobalt 58 et 60 grâce à l'optimisation du conditionnement chimique du fluide primaire et lorsque cela est possible, à l'utilisation de matériaux sans cobalt.
- **Hors tritium et carbone 14, des rejets radioactifs gazeux faibles** grâce à la conception du système de Traitement des Effluents Gazeux (TEG) fonctionnant en boucle quasi-fermée hors phases particulières générant des volumes gazeux important (arrêt/démarrage, maintenance de bâches balayées par TEG, etc.) et traitant les effluents gazeux primaires.

- Une **maîtrise accrue de la production de Tritium** malgré le passage en gestions combustible à haut taux de combustion (optimisation des concentrations en bore et lithium par utilisation de bore enrichi et augmentation du nombre de crayons gadoliniés, notamment), afin d'atteindre une production spécifique (rapportée au kWh produit) de tritium quasiment égale ou inférieure à celle des unités de production existantes.
- Une **réduction importante de certains rejets chimiques**, notamment les rejets de bore (recyclage accru, concentration en bore initiale de l'eau du circuit primaire plus faible grâce à l'utilisation de bore enrichi), d'hydrazine (intégration à la conception de dispositifs permettant sa destruction avant rejet) et de phosphates (dispositifs anti-carbonatation sur les circuits utilisant le phosphate pour leur conditionnement).
- L'installation novatrice d'une **unité de dessalement d'eau de mer pour la production d'eau filtrée et déminéralisée** nécessaire au fonctionnement de l'EPR et des tranches existantes. Cette unité qui fonctionnera en base (les 2 unités existantes de déminéralisation classiques d'eau douce étant utiles pour assurer les « pointes » de production), permettra de réduire très significativement l'utilisation des ressources d'eau douce locales et surtout les rejets d'effluents inhérents au procédé classique de filtration/déminéralisation d'eau douce (fer, matières en suspension). De plus, cette unité est optimisée vis-à-vis de la maîtrise du terme-source en silice, ce qui favorise la maîtrise des rejets issus du primaire, notamment en acide borique.

Il est cependant à noter que la performance environnementale d'une centrale dépend fortement de l'arbitrage entre rejets et déchets et donc de la politique d'exploitation.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 11.3 du RDS.

1.2.7.3. LES DÉCHETS SOLIDES

Déchets « à vie longue » issus du combustible

La réduction de la production de déchets issus du combustible, et notamment des déchets dits « à vie longue », pour une même quantité d'énergie produite, constitue un axe fort d'optimisation du cycle du combustible nucléaire du point de vue environnemental et ce quel que soit le choix final opéré (dans le cadre de la Loi Bataille) sur la gestion de ce type de déchets.

EPR, par ses options de conception et ses performances intrinsèques, intègre directement cet objectif de réduction. Il permet une **utilisation plus sobre des ressources d'uranium naturel** (17 % d'économie) ainsi qu'une **diminution significative des déchets radioactifs** à vie longue issus du combustible et de son gainage (réduction de 26 %) et une meilleure utilisation in situ du Plutonium (réduction de 15 % par autoconsommation). Ces gains sont issus de sa conception neutronique (gros cœur, réflecteur neutronique) et des performances de gestion du combustible (haut taux de combustion).

Autres déchets d'exploitation hors combustible

La réduction des déchets solides d'exploitation hors combustible a également été un axe d'optimisation pour EPR. Les principales sources de cette réduction sont les suivantes :

- la mise en place à la conception d'un zonage propreté-déchets permettant un meilleur tri des déchets à la source et la production de déchets conventionnels pour les interventions non contaminantes en zone contrôlée,
- une meilleure maîtrise du terme source dans le choix des matériaux en contact avec le fluide primaire conduisant à la réduction de la production des produits de corrosion (réduction d'activité, cobalt 60 en particulier),
- une optimisation du conditionnement chimique du fluide primaire permettant notamment une régulation optimisée de la concentration en lithium, la limitation du phénomène de radiolyse, la possibilité d'injecter du zinc dans le circuit primaire pour empêcher l'incorporation du cobalt dans les oxydes des zones hors flux,
- une meilleure prise en compte de la sélectivité des drainages RPE facilitant le recyclage,

- une surface filtrante plus importante sur les filtres de purification du RCV, du fait de la technologie des filtres (paniers multcartouches et non monocartouche) ;
- un meilleur tri des déchets au BTE avec une installation, comprenant principalement une presse à compacter et un déchiqueteur, prévue dès la conception, limitant ainsi le volume de déchets conditionnés.

Il est cependant à noter que le volume de déchets d'exploitation hors combustible dépend de l'arbitrage réalisé entre rejets et déchets dans la gestion de l'installation. Il est donc fortement dépendant de la politique d'exploitation mise en œuvre par l'exploitant.

Cet aspect de la conception est présenté dans le sous-chapitre 11.3 du RDS.

1.2.7.4. LE DÉMANTÈLEMENT

L'intégration des opérations de démantèlement dans la conception de l'EPR est une préoccupation du concepteur. Celle-ci se concrétise par les réflexions et actions suivantes :

- l'anticipation du démantèlement par une simulation sur l'activation des matériaux et par des hypothèses sur les événements potentiels induisant une dissémination de contamination (définition du zonage propreté-déchets à la conception),
- la prise en compte du retour d'expérience des chantiers de maintenance des gros composants,
- le choix des matériaux permettant de réduire l'activation des circuits et de réduire le volume des déchets actifs, d'améliorer la résistance des matériaux des gaines combustibles ainsi que la résistance du circuit primaire à la corrosion et à l'érosion,
- les dispositions constructives ayant pour objet de faciliter les travaux de démantèlement et l'évacuation des équipements et structures contaminés, de permettre l'utilisation d'écrans,
- les dispositions relatives aux circuits permettant d'éviter les dépôts actifs, de limiter la dissémination de la contamination et de faciliter la décontamination des locaux et équipements.

Cet aspect de la conception est présenté dans le chapitre 20 du RDS.

1.2.8. LA JUSTIFICATION ET L'OPTIMISATION DE LA CONCEPTION

Conformément à l'article R593-18 du code de l'environnement, relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives, le projet EPR doit justifier l'atteinte d'un niveau de risque aussi bas que possible dans des conditions économiquement acceptables, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Cette exigence peut être rapprochée des principes de justification et d'optimisation énoncés dans le code de la santé publique et dans le code de l'environnement.

Fondamentalement, la réduction et la maîtrise des risques en matière de sûreté nucléaire reposent sur l'application de standards reconnus et éprouvés, usuellement regroupés sous le terme de « bonnes pratiques » au sens de l'article 1^{er}.2 de l'arrêté INB du 7 février 2012.

Dans le cas du projet EPR, l'assurance d'une conception optimisée et justifiée de l'EPR, depuis le Basic Design jusqu'aux études de conception détaillée, repose sur un ensemble de pratiques et une démarche générale de sûreté à la conception, permettant de garantir le niveau de sûreté de l'EPR dans la lignée de la pratique française d'amélioration continue.

Ces bonnes pratiques concernent notamment :

- l'organisation mise en place pendant la phase de conception de l'EPR,
- la prise en compte et la valorisation du retour d'expérience,
- l'utilisation de codes et de normes pertinents,

- l'utilisation des études probabilistes de sûreté,
- l'amélioration des connaissances,
- et plus généralement l'ensemble des étapes de la démarche de sûreté à la conception, fondée en particulier sur le concept de défense en profondeur.

Tout au long de la phase de conception, la mise en œuvre de ces bonnes pratiques conduit à l'identification d'alternatives de conception, à leur analyse, leur comparaison et finalement à la sélection des options de conception les plus appropriées, ce qui permet de satisfaire les principes de justification et d'optimisation de la conception de l'EPR.

1.2.8.1. L'ORGANISATION MISE EN PLACE PENDANT LA PHASE DE CONCEPTION DE L'EPR

Les différentes organisations impliquées dans la conception de l'EPR concernent les concepteurs et exploitants d'une part, les autorités de sûreté française et allemande ainsi que leurs appuis techniques d'autre part.

La conception de l'EPR s'appuie sur une organisation structurée du projet qui, dès le début du projet fait intervenir à la fois des concepteurs et des exploitants expérimentés assurant la définition, l'analyse et l'évaluation des choix de conception, puis leur validation et leur mise en œuvre. Cette organisation a conduit à une conception partagée et validée à la fois par les concepteurs du projet EPR et les exploitants.

Les organisations d'EDF, Framatome et Edvance sont décrites dans le sous-chapitre 1.4 du RDS.


En 1989, les autorités de sûreté française et allemandes (DGSNR/BMU) se sont regroupées pour superviser le projet EPR. Dans le même temps, des accords de coopération étaient signés entre leurs appuis techniques respectifs (IRSN/GRS) et entre les groupes permanents d'experts indépendants (GPR/RSK) consultés par les autorités de sûreté.

Les différentes phases de conception ont été ponctuées par des échanges réguliers entre les concepteurs et les autorités de sûreté, par des évaluations menées par les appuis techniques des autorités de sûreté, et par les groupes permanents d'experts français et allemand réunis. Notamment, l'organisation des autorités de sûreté a donné lieu à l'élaboration des « Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression » (cf. [Réf \[2\]](#)).

Globalement, la conception de l'EPR a été l'objet d'un processus d'optimisation de plus de 20 années entre concepteurs, exploitants, autorités de sûreté et appuis techniques, visant à maximiser la sûreté du projet tout en tenant compte des contraintes industrielles pratiques.

1.2.8.2. LA PRISE EN COMPTE ET LA VALORISATION DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

Le projet EPR bénéficie à la fois du retour d'expérience du parc français en exploitation et du parc allemand, notamment du Konvoi. Il bénéficie également du retour d'expérience de conception de Framatome et de Siemens. En complément, la conception intègre le retour d'expérience mondial. A titre d'illustration, on peut citer :

- le choix de l'inconel  pour les tubes de générateurs de vapeur afin de renforcer leur intégrité,
- le choix d'une pression de refoulement abaissée des pompes d'injection de sécurité moyenne pression pour éviter les débordements des générateurs de vapeur en situation de RTGV, et l'arrêt automatique des pompes RCV sur détection d'un haut niveau dans un GV,
- la prise en considération du risque de colmatage des puisards RIS par la mise en place de paniers de rétention des débris,
- une conception à 4 trains du système ASG pour améliorer sa disponibilité, et l'ajout d'un système dédié aux démarrages et arrêts du réacteur,
- la fiabilisation des alimentations électriques par la mise en place de 4 générateurs diesels, complétés de 2 générateurs diesels en cas de perte totale des alimentations électriques. On peut

également citer la diversification des alimentations électriques du contrôle-commande, la diversification des fournitures des batteries entre divisions suite à l'incident de Forsmark (Suède, 2006).

- Pour les situations d'hypothétique accident avec fusion du cœur, l'intégrité du confinement est assurée par la prise en considération à la conception du risque de détonation hydrogène, de l'échauffement direct de l'enceinte (DCH), du risque d'explosion vapeur, du risque de percée du radiateur, des phénomènes de pressurisation du confinement et par la recherche et le traitement des chemins de fuite du confinement.

1.2.8.3. L'UTILISATION DE CODES ET DE NORMES

La conception de l'EPR repose sur l'utilisation de codes et normes de conception, nationaux et internationaux qui sont reconnus et éprouvés, avec notamment l'utilisation des codes RCC et ETC et l'ouverture à des codes internationaux tels que l'ASME et KTA.

Cet aspect de la conception est détaillé dans le [§ 1.2.6.](#), et dans la section 1.6.2 du RDS.

1.2.8.4. L'UTILISATION DES ÉTUDES PROBABILISTES DE SÛRETÉ

Les études probabilistes de sûreté à la conception sont utilisées en complément de l'approche déterministe, pour conforter et optimiser les choix de conception retenus. Elles permettent de vérifier quantitativement le bon niveau de sûreté de l'installation, via le respect de l'objectif de sûreté global de fusion du cœur et des cibles probabilistes internes de conception. Elles contribuent ainsi à la démonstration quantitative de la bonne implémentation du concept de défense en profondeur.

A cette fin, différentes analyses EPS en phase de conception ont été réalisées pour éclairer et conforter les options de conception retenues, notamment vis-à-vis de la redondance et de la diversification des systèmes de sûreté ou de la limitation de l'impact des défaillances de mode commun pour les systèmes redondants.

A titre d'illustration de l'utilisation des EPS à la conception, on peut citer :

- la détermination du nombre de diesels de secours, et la diversification entre les diesels principaux et les diesels d'ultime secours,
- la mise en place d'une chaîne de refroidissement dédiée au système EVU pour l'évacuation de la chaleur de l'enceinte, et le choix d'une source froide diversifiée.

Cet aspect de la conception est détaillé dans le [§ 1.2.6.](#), et dans le chapitre 18 du RDS.

1.2.8.5. L'AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES

Un programme de recherche et développement a été mis en œuvre pour valider les choix de conception de l'EPR présentant des innovations par rapports à la conception des réacteurs existants.

Les programmes de R&D concernent :

- les travaux nécessaires à la conception pour la validation des points essentiels (ex : comportement du corium hors cuve),
- les travaux utiles pour améliorer et optimiser la conception de l'EPR (ex : modes de défaillance de la cuve),
- les travaux pour la confirmation des études réalisées, et pour l'acquisition d'information complémentaires pour renforcer les choix de conception de l'EPR (ex : explosion vapeur).

A titre d'exemple, les sujets ayant fait l'objet de programmes de recherche et de développement sont :

- les grappes de commande,
- le réflecteur lourd,

- la mitigation des accidents de perte de réfrigérant primaire,
- la mitigation des accidents de rupture de tubes de générateurs de vapeur avec perte de réfrigérant primaire,
- les générateurs de vapeur,
- les performances des vannes de décharge du circuit primaire en hypothétique accident avec fusion du cœur,
- la conception des internes de cuves et le comportement du circuit primaire en situation de fusion du cœur,
- la stabilisation du corium,
- la mitigation du risque hydrogène,
- l'évacuation de la chaleur de l'enceinte,
- la limitation des rejets radioactifs,
- les structures internes de l'enceinte de confinement.

1.2.8.6. LA DÉMARCHE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR

Les travaux internationaux sur l'approche de la sûreté des réacteurs de nouvelle génération, en partie déclinés dans l'arrêté INB du 7 février 2012, mettent l'accent sur le renforcement du concept de défense en profondeur, et sur l'atteinte d'une plus grande indépendance entre les barrières assurant la prévention des rejets radioactifs dans l'environnement.

La mise en œuvre du concept de défense en profondeur à la conception de l'EPR vise à assurer :

- un équilibre entre les différents niveaux de protection,
- l'indépendance des différents niveaux de protection,
- un équilibre entre prévention et mitigation des situations accidentelles,
- un niveau de conservatisme adéquat dans la conception,
- l'extension de la démarche aux états d'arrêts et sur les situations pouvant conduire potentiellement à un contournement du confinement,
- la prise en considération des hypothétiques accidents avec fusion du cœur à la conception.

Au final, cette démarche a conduit à l'identification, à l'analyse et la comparaison des différentes options de conception possible, puis à la sélection et l'élimination d'options, voire des évolutions par rapport aux choix initiaux du projet EPR, pour aboutir à une conception équilibrée, minimisant les risques d'exposition du public et des travailleurs, tout en assurant une faisabilité de réalisation. A titre d'illustration, on peut citer :

- l'augmentation du volume de l'enceinte interne,
- la prise en compte des hypothétiques accidents avec fusion du cœur pour le dimensionnement de l'enceinte de confinement,
- un renforcement de l'enceinte externe [],
- le remplacement du liner de l'enceinte interne, initialement en matériau composite, par un liner acier,
- l'analyse exhaustive et le traitement des différents chemins de bipasse du confinement,
- les moyens dédiés aux hypothétiques accidents avec fusion du cœur (zone d'étalement du corium, évacuation de la chaleur de l'enceinte),
- l'augmentation de la taille des composants (GV, Cuve, pressuriseur),
- la suppression des pénétrations de fond de cuve pour l'instrumentation cœur, et la mise en place d'une instrumentation in-core,



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 1

PAGE 42/46

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

- une réserve d'eau borée située à l'intérieur du bâtiment réacteur (IRWST),
- la mise en place de recombineurs autocatalytiques dans le bâtiment réacteur.

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Lettre DSIN n°1321/93 du 2 septembre 1993 : Déclaration conjointe des Autorités de Sûreté Française et Allemande sur une approche commune de sûreté pour les réacteurs à eau sous pression du futur.

[2] « Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de tranches nucléaires à eau pressurisée » adoptées pendant les réunions plénières du GPR et des experts allemands les 19 et 26 octobre 2000.

[3] Lettre DGSNR /SD2/n°0729/2004 du 28 septembre 2004 relative aux options de sûreté du projet de réacteur EPR

[4] Décision n°2008-DC-0114 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 septembre 2008 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions relatives au site électronucléaire de Flamanville (Manche) pour la conception et la construction du réacteur « Flamanville 3 » (INB n°167) et pour l'exploitation des réacteurs « Flamanville 1 » (INB n°108) et « Flamanville 2 » (INB n°109)

FIG-3.1.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DES CIRCUITS PRIMAIRES ET SECONDAIRES PRINCIPAUX DE L'EPR

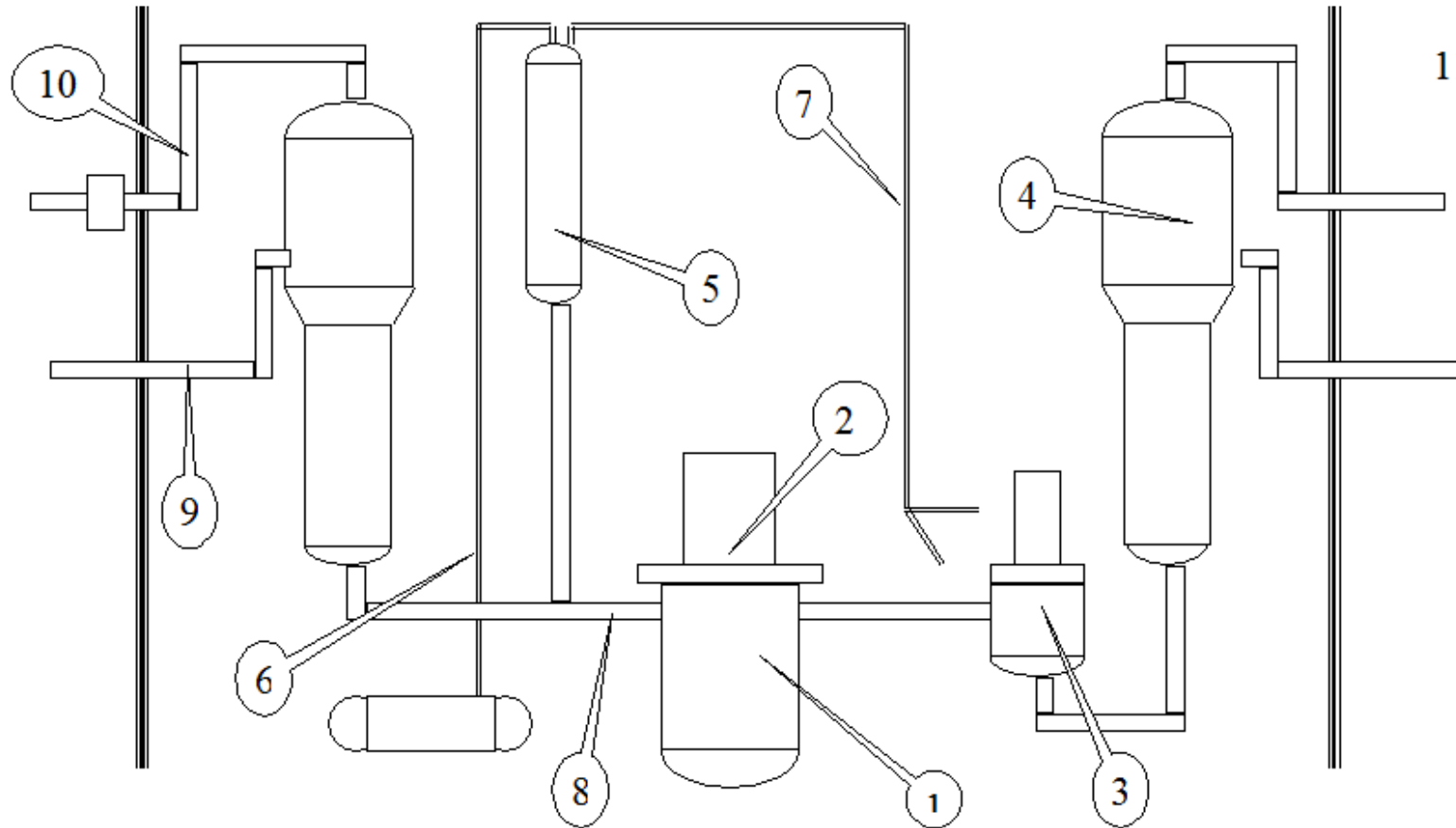


FIG-3.1.2 SCHÉMA DE PRINCIPE DU CONFINEMENT DE L'EPR - BÂTIMENT RÉACTEUR ET BÂTIMENTS PÉRIPHÉRIQUES



**FIG-3.1.3 PRINCIPALES DONNÉES EN TERMES DE PRESSION
DANS L'ENCEINTE EPR**



3.2 CLASSEMENT DES OUVRAGES, MATÉRIELS ET SYSTÈMES

3.2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CLASSEMENT ET EXIGENCES

3.2.2 LISTE DE CLASSEMENT

SOMMAIRE

.3.2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CLASSEMENT ET EXIGENCES	4
1. INTRODUCTION	4
2. CLASSEMENTS DE SÛRETÉ	6
2.1. CLASSEMENT MÉCANIQUE	6
2.1.1. SITUATIONS À CONSIDÉRER	6
2.1.2. ÉQUIPEMENTS CONCERNÉS	6
2.1.3. NIVEAUX DE CLASSEMENT MÉCANIQUE : M1, M2, M3	6
2.2. CLASSEMENT FONCTIONNEL	7
2.2.1. DÉFINITION DES ÉTATS PHYSIQUES	7
2.2.2. DÉFINITION DU CLASSEMENT FONCTIONNEL	8
2.2.3. PRINCIPES DE CLASSEMENT FONCTIONNEL DES SYSTÈMES	9
2.2.4. EXCEPTIONS	10
2.3. CLASSEMENT SISMIQUE	10
2.3.1. INTRODUCTION	10
2.3.2. ÉQUIPEMENTS ET OUVRAGES DE CLASSE SISMIQUE 1	
(SC1)	10
2.3.3. ÉQUIPEMENTS ET OUVRAGES DE CLASSE SISMIQUE 2	
(SC2)	11
2.4. AUTRES EIPS	11
3. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX CLASSEMENTS DE SÛRETÉ	12
3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT MÉCANIQUE	12
3.1.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES	
CLASSÉS M1, M2, M3	13
3.1.2. RENFORCEMENT DES EXIGENCES POUR LES COMPOSANTS	
SOUMIS À EXCLUSION DE RUPTURE OU À EXCLUSION DE	
FUITE	14
3.1.3. INTERFACES ENTRE CLASSES MÉCANIQUES DIFFÉRENTES	14
3.1.4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX SUPPORTS	16
3.1.5. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX INTERNES DU CIRCUIT PRIMAIRE	
PRINCIPAL	16

3.1.6. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX DISPOSITIFS DE MANUTENTION	17
3.1.7. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX DISPOSITIFS D'ENTREPOSAGE DU COMBUSTIBLE	17
3.1.8. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX SYSTÈMES DE VENTILATION	17
3.2. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT FONCTIONNEL . .	18
3.2.1. EXIGENCES PORTANT SUR LES SYSTÈMES	18
3.2.2. EXIGENCES PORTANT SUR LES ÉQUIPEMENTS	18
3.2.3. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES	19
3.2.4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE- COMMANDE	19
3.3. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SISMIQUE	19
3.3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SC1	20
3.3.2. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SC2	20
3.4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX AUTRES EIPS	21
4. CLASSEMENT DES OUVRAGES	21
4.1. APPROCHE DE CLASSEMENT	21
4.2. CLASSEMENT AU TITRE DE LA FONCTION PROTECTION DE SYSTÈMES	21
4.2.1. FONCTIONS PRINCIPALES DES BÂTIMENTS EN CAS D'AGRESSIONS EXTERNES	21
4.2.2. CLASSEMENT C1	22
4.2.3. EXIGENCES CONCERNANT LE CLASSEMENT C1	22
LISTE DES RÉFÉRENCES	23

TABLEAUX :

TAB-3.2.1.1 AFFECTATION DES EXIGENCES AUX SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE	24
TAB-3.2.1.2 PRÉSENTATION D'ENSEMBLE DES EXIGENCES APPLICABLES AUX ÉQUIPEMENTS REMPLISSANT LES FONCTIONS DE SÛRETÉ F1 OU F2 OU CLASSÉS M1, M2 OU M3	25
TAB-3.2.1.3 EXIGENCES STANDARD PORTANT SUR LES SYSTÈMES CLASSÉS DE SÛRETÉ F1 ET F2	26
TAB-3.2.1.4 EXIGENCES PORTANT SUR LES SYSTÈMES DE MANUTENTION	27

.3.2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CLASSEMENT ET EXIGENCES

Ce chapitre du rapport de sûreté présente l'ensemble des classements de sûreté retenus pour l'EPR. Il contient :

- des généralités sur le classement de sûreté (voir [§ 1.](#)),
- la présentation des différents classements de sûreté (voir [§ 2.](#)),
- les exigences associées aux différentes classes de sûreté (voir [§ 3.](#)),
- le classement des ouvrages (voir [§ 4.](#)).

1. INTRODUCTION

En application de l'arrêté INB du 7 février 2012, les ouvrages, matériels et systèmes nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire sont identifiés en tant qu'éléments importants pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement. Ils constituent l'ensemble des EIP associés aux risques liés aux incidents et accidents radiologiques (dénommés EIPS, objet du présent chapitre) et non radiologique (dénommés EIPR, voir chapitre 3.8).

La liste des EIP identifie parmi les EIPS (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des risques radiologique) ceux qui ont également un statut d'EIPI (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des inconvénients).

La démarche de sûreté de l'EPR vis-à-vis des risques radiologiques repose notamment sur la prise en compte à la conception d'évènements initiateurs simples, répartis en catégories de fonctionnement de référence (PCC). Les études de conditions de fonctionnement PCC ont pour but de vérifier le bon dimensionnement des systèmes de sûreté destinés à en limiter les conséquences.

En complément des conditions de référence PCC-2 à PCC-4, dans une démarche de réduction du risque, des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples, dénommées RRC-A, sont considérées dans la démonstration de sûreté. Ces conditions RRC-A font appel à des dispositions particulières de conception, appelées dispositions RRC-A destinées à rendre acceptables les conséquences de tels cumuls de défaillances. L'identification des conditions de fonctionnement RRC-A et des dispositions RRC-A associées est basée essentiellement sur l'utilisation des Etudes Probabilistes de Sûreté (voir chapitre 18 traitant des EPS). La liste des dispositions RRC-A est présentée dans le Rapport de Sûreté (voir section 19.1.2).

La protection de l'installation vis-à-vis des agressions, ainsi que l'étude des scénarios d'accidents graves (voir sous-chapitre 19.2), sont également prises en compte dans la démarche de sûreté de l'EPR.

La mise en œuvre du concept de défense en profondeur conduit notamment à établir, au sein de l'ensemble des EIPS, des classements des ouvrages, matériels et systèmes qui donnent une base rationnelle pour déterminer la sévérité des exigences à respecter, depuis leur conception jusqu'à leur exploitation.

Le classement de sûreté constitue une démarche formalisée et structurée qui permet d'identifier et de différencier les exigences spécifiques pour les systèmes et les matériels, en lien avec leur contribution aux objectifs de sûreté.

Il s'inscrit dans le cadre de la démarche de défense en profondeur (voir sous-chapitre 3.1) en ce sens :

- qu'il vient compléter les exigences liées à la mise en œuvre des réglementations classiques, qui confèrent à l'installation un haut niveau de qualité et de fiabilité,
- qu'il traduit la prise en compte des hypothèses de défaillances envisagées au titre de l'analyse de sûreté.

Il vise ainsi à identifier et différencier les exigences spécifiquement liées à la démonstration de sûreté. Ces exigences, notamment en terme de conception et de qualité de réalisation, portent à la fois sur :

- les systèmes (leur architecture) appelés pour pallier les situations enveloppées par les conditions accidentelles de référence, en cohérence avec les règles d'études associées (PCC, RRC-A et Accident Grave),
- les matériels (et les structures) qui contribuent, dans ces situations, à la maîtrise des fonctions de sûreté, dont le confinement des produits radioactifs.

Il constitue une interface majeure avec :

- en amont, les règles d'études d'accidents,
- en aval : la qualification, la doctrine d'exploitation.

La démarche de classement retenue pour EPR est déclinée, sur l'ensemble des EIPS concernés, selon deux approches complémentaires définies par les Directives Techniques et menées en parallèle, complétées du classement sismique (voir [§ 2.3.](#)) :

- une approche barrière dont l'objectif est, dans le cadre de la démonstration de sûreté, la prévention, la maîtrise et la limitation des rejets (i. e. à l'extérieur du site), en distinguant les équipements en fonction des rejets induits par leur défaillance éventuelle, à l'intérieur de l'installation et dans l'environnement, Elle est formalisée par un classement mécanique (voir [§ 2.1.](#)) qui définit des exigences de conception, fabrication, contrôle et suivi en exploitation des équipements concernés,
- une approche fonctionnelle qui vise à identifier les systèmes et les fonctions nécessaires à la protection du cœur et des barrières, ainsi qu'à la limitation des rejets dans l'environnement pour les conditions de fonctionnement de référence PCC-2 à PCC-4 (voir chapitre 15), dans les conditions de fonctionnement RRC-A (voir sous-chapitre 19.1), les situations d'accident grave (voir sous-chapitre 19.2) et les agressions (voir sous-chapitre 3.3 et sous-chapitre 3.4). Elle est formalisée par un classement fonctionnel (voir [§ 2.2.](#)) auquel on associe des exigences en terme d'architecture des systèmes (redondance, secours électrique, architecture du contrôle-commande) et d'opérabilité des moyens à mettre en œuvre (qualification des équipements aux conditions pour lesquelles ils sont prévus, essais périodiques) visant à garantir l'accomplissement des fonctions de sûreté.

Les classements fonctionnel et mécanique interagissent entre eux dans le sens où :

- la participation des équipements mécaniques aux fonctions de sûreté induit, indépendamment de leur rôle de barrière, des exigences particulières sur ces équipements (voir [§ 2.1.3.](#)),
- l'aménagement de certaines hypothèses des études d'accident, comme l'exclusion de rupture par exemple, peut conduire à renforcer les exigences de conception des équipements mécaniques, au delà de ce qui serait requis au titre du rôle de barrière (voir section 3.4.2).

Les démarches de classement fonctionnel et mécanique permettent d'identifier les exigences applicables et de les adapter aux équipements et systèmes concernés (par exemple, une exigence de secours électrique n'est pas applicable à un équipement passif).

Ces exigences concernent :

- l'architecture des systèmes classés de sûreté (redondance matérielle ou fonctionnelle, aptitude aux essais périodiques...),
- la conception et la fabrication des équipements mécaniques,
- la conception du contrôle-commande associé aux équipements concernés,
- la conception des alimentations électriques des équipements concernés.

Ces exigences sont à compléter par les exigences issues de la réglementation applicable, notamment vis-à-vis des équipements mécaniques (par exemple la réglementation applicable aux équipements sous pression) qui peuvent venir renforcer les exigences issues du classement de sûreté (voir section 3.6.2).

Les ouvrages, matériels et systèmes EIPS ne relevant pas formellement de la démarche de classement retenue pour EPR en application des Directives Techniques sont identifiés en tant que «autres EIPS» (voir § 2.4.). Les exigences qui leur sont appliquées sont définies afin qu'ils remplissent les fonctions pour lesquelles ils sont nécessaires dans la démonstration de sûreté.

2. CLASSEMENTS DE SÛRETÉ

2.1. CLASSEMENT MÉCANIQUE

2.1.1. SITUATIONS À CONSIDÉRER

Les situations à prendre en compte pour le classement mécanique des équipements sont toutes les situations enveloppées par les conditions de fonctionnement PCC 1 à 4 et RRC-A ou les situations d'accident grave.

Ceci permet de prendre en compte les éventuelles défaillances qui, bien qu'enveloppées par un scénario PCC du point de vue conséquences sur le cœur, présentent des particularités significatives du point de vue du risque de contamination.

2.1.2. ÉQUIPEMENTS CONCERNÉS

Est classé mécanique tout équipement (ou portion de circuit) dont la défaillance peut conduire, dans les situations à prendre en compte (voir § 2.1.1.), à un rejet d'activité significativement supérieur à la contamination du milieu environnant.

Une activité sera considérée comme significativement supérieure à celle du milieu environnant lorsque les deux conditions suivantes sont remplies :

- l'activité volumique du fluide véhiculé est supérieure à 1MBq/l,
- l'activité volumique du fluide véhiculé est supérieure de 3 décades à celle du milieu environnant.

Ces seuils sont proposés par référence aux valeurs observées de radioactivité naturelle et à leur dispersion (1 à 10³ Bq/kg environ). Ils conduisent notamment à ne pas retenir les portions de circuits contenant des fluides de très faible activité ainsi que les circuits appelés à fonctionner à l'intérieur de l'enceinte uniquement dans des situations où l'ambiance dans l'enceinte est dégradée.

Est également classée mécanique toute portion de circuit participant à une fonction de sûreté classée F1 (A ou B) (voir § 2.2.).

2.1.3. NIVEAUX DE CLASSEMENT MÉCANIQUE : M1, M2, M3

Trois niveaux de classement mécanique sont définis :

Classe mécanique M1 :

La classe mécanique M1 est constituée :

- du Circuit Primaire Principal au sens de l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression (voir paragraphe 3.4.2 de la section 1.7.0 du Rapport de Sûreté), c'est-à-dire dont le diamètre intérieur est supérieur à 25 mm (article 3 de l'arrêté).
- des autres matériels du Circuit Primaire Principal (au sens de l'arrêté du 10 novembre 1999) dont la rupture ne serait pas compensable par les moyens normaux d'appoint en eau (compensation de fuite par RCV). Ceci concerne les tuyauteries du CPP et leurs accessoires □.

NB : Les lignes du CPP de très petit diamètre dont la rupture serait compensable par les moyens normaux d'appoint en eau (compensation de fuite par RCV) sont de classe mécanique M1* (voir § 3.1.1.2. suivant).

- **Classe mécanique M2 :**

Est classé mécanique de classe M2, tout équipement (ou portion de circuit) classé mécanique (voir § 2.1.2.) dont le fonctionnement est requis dans une situation où il est non-isolé du fluide primaire et où l'intégrité de la gaine du combustible n'est pas requise.

De plus, toutes les traversées enceinte sont de classe M2 (voir § 3.1.3.).

Les précisions suivantes permettent de déterminer les classements des différents systèmes :

- « fonctionnement requis » signifie qu'il existe un besoin fonctionnel attaché à la démonstration de sûreté,
- « intégrité requise de la gaine » renvoie aux critères applicables à la situation considérée (voir sous-chapitre 15.0 pour les PCC et section 19.1.0 pour les RRC-A), et pas seulement aux résultats de l'étude d'accident correspondante qui sont nécessairement plus favorables,
- « non isolé du fluide primaire » permet de prendre en compte, outre les circuits véhiculant directement du fluide primaire, les ventilations en ambiance contaminée par du fluide primaire (fuite...).

- **Classe mécanique M3 :**

Est classé mécanique de classe M3, tout équipement (ou portion de circuit) classé mécanique (voir § 2.1.2.) ou classé fonctionnel F1A ou F1B (voir § 2.2.2.) et qui n'appartient ni à la classe M1, ni à la classe M2.

2.2. CLASSEMENT FONCTIONNEL

Conformément aux Directives Techniques (§ B2.1), une fonction de sûreté peut être définie comme l'action combinée d'un ensemble de dispositions techniques pour accomplir une certaine tâche dans un certain état de la tranche. Une fonction de sûreté peut être accomplie par un ou plusieurs systèmes.

La mise en œuvre du principe de « défense en profondeur » s'appuie sur l'introduction d'un classement des fonctions des systèmes de sûreté. Le but de ce classement est de définir des exigences applicables aux fonctions et systèmes de sûreté avec une hiérarchisation des exigences selon l'importance pour la sûreté de ces fonctions et systèmes.

La définition des classes de sûreté est essentiellement liée à quatre états physiques correspondant aux conditions d'arrêt à atteindre dans l'analyse de sûreté des transitoires, incidents et accidents de référence, des conditions avec défaillances multiples ainsi que des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur. Ils permettent l'introduction d'une hiérarchie dans les fonctions utilisées pour atteindre ces conditions.

2.2.1. DÉFINITION DES ÉTATS PHYSIQUES

Les états physiques sont l'état contrôlé et l'état d'arrêt sûr pour les conditions de fonctionnement PCC, l'état final pour les conditions de fonctionnement RRC-A ainsi que l'état maîtrisé pour les situations d'accident grave (voir paragraphe 1 du chapitre 0).

Ils sont définis comme suit :

- **Etat contrôlé :** le cœur est sous-critique (un retour en criticité de courte durée avant les actions de l'opérateur conduisant seulement à une puissance neutronique faible pourrait être accepté au cas par cas pour quelques événements), l'évacuation de la puissance est assurée à court terme par exemple par les générateurs de vapeur, l'inventaire en eau du cœur est stable, les rejets radioactifs restent tolérables.
Pour les accidents de type PCC impactant la piscine de désactivation : le combustible en piscine est sous-critique, l'évacuation de sa puissance résiduelle est assurée à court terme, les rejets radioactifs restent tolérables. Pour les initiateurs de vidange de la piscine en particulier, l'état

contrôlé est également caractérisé par un niveau d'eau stabilisé, sans dénoyage d'un élément combustible.

- **Etat d'arrêt sûr** : le cœur est sous-critique, la chaleur résiduelle est évacuée durablement, les rejets radioactifs restent tolérables.
Pour les accidents de type PCC impactant la piscine de désactivation, l'état sûr est caractérisé par : le combustible en piscine est sous-critique, l'évacuation de sa puissance résiduelle est assurée durablement en boucle fermée, avec une marge significative vis-à-vis de l'ébullition de l'eau de la piscine (température inférieure à 80° C), les rejets radioactifs restent tolérables.
- **Etat final** : le cœur est sous-critique, la puissance résiduelle est évacuée par les systèmes primaire ou secondaire, les rejets radioactifs restent tolérables.
Pour les accidents de type RRC-A impactant la piscine de désactivation: le combustible en piscine est sous-critique, le niveau d'eau dans la piscine de désactivation permet l'évacuation de la puissance résiduelle des assemblages combustible entreposés, les rejets radioactifs restent tolérables.
- **Etat maîtrisé** : le corium est refroidi, la puissance résiduelle est évacuée, l'intégrité de l'enceinte de confinement est maintenue.

2.2.2. DÉFINITION DU CLASSEMENT FONCTIONNEL

Les fonctions sont classées par rapport à ces quatre états. Plus précisément, elles sont classées par rapport à celui qui nécessite leur fonctionnement. En conséquence, ces états conduisent à trois classes de sûreté des fonctions, désignées par F1A, F1B et F2.

2.2.2.1. CLASSEMENT FONCTIONNEL F1A

Sont classées F1A :

- 1) toutes les fonctions de sûreté qui sont nécessaires pour atteindre l'état contrôlé après un événement interne PCC-2 à PCC-4,
- 2) les fonctions supports associées, à l'exception des fonctions support déjà en service avant l'événement, dont le fonctionnement n'est pas influencé par l'événement et dont l'opérabilité n'est pas affectée par les conséquences directes ou indirectes de l'événement, qui peuvent être classées F1B. Cette règle peut être appliquée aux systèmes de ventilation pour lesquels des délais de grâce sont également disponibles, de manière à ce que, même en cas de défaillance, l'opérabilité ne soit pas requise immédiatement après l'événement. Néanmoins, si le système devait être arrêté en cas de perte de réseau, il serait redémarré avec les diesels de secours principaux et le contrôle-commande correspondant, qui est F1A,
- 3) les protections des composants d'un système F1A si cette protection est prioritaire. Les protections prioritaires correspondent aux fonctions de contrôle-commande qui visent à protéger les équipements classés de sûreté, et qui peuvent empêcher l'accomplissement d'une fonction de sûreté, dans le but d'éviter leur perte irréversible (la protection de survitesse des diesels est un exemple de protection prioritaire).
Lorsque la fonction F1A est assurée par l'intermédiaire de deux équipements redondants, il n'est pas nécessaire d'appliquer le critère de défaillance unique à la protection prioritaire F1A de chacun de ces équipements. Cela signifie que la protection de chacun des deux équipements n'est pas redondante (exemple : protection de survitesse des diesels principaux).

2.2.2.2. CLASSEMENT FONCTIONNEL F1B

Sont classées F1B :

- 1) toutes les fonctions de sûreté nécessaires au-delà de l'atteinte de l'état contrôlé pour atteindre l'état sûr et pour le maintenir après un événement interne PCC-2 à PCC-4, à l'exception des fonctions supplémentaires qui ne sont pas essentielles pour démontrer la capacité de la conception à maintenir l'état d'arrêt sûr, mais qui peuvent néanmoins être requises pour le maintenir entre 24 heures et 72 heures (ces fonctions supplémentaires sont classées F2),

- 2) les fonctions de commande (notamment l'isolement du CPP) dont les défaillances pendant le fonctionnement normal de la tranche, conduiraient à des PCC-3 ou PCC-4.

2.2.2.3. CLASSEMENT FONCTIONNEL F2

Sont classées F2 :

- 1) les fonctions de sûreté nécessaires pour atteindre et maintenir un état final pour les conditions de fonctionnement RRC-A,
- 2) les fonctions nécessaires à la prévention des situations pratiquement éliminées,
- 3) les fonctions nécessaires pour prévenir les rejets importants et pour atteindre et maintenir un état maîtrisé en cas d'accident avec fusion du cœur¹ postulé (situations d'accident grave), y compris les informations nécessaires² à la gestion de la conduite accidentelle associée,
- 4) les fonctions qui ne sont pas essentielles pour démontrer la capacité de la conception à maintenir l'état d'arrêt sûr, après un événement interne PCC-2 à PCC-4, mais qui peuvent néanmoins être requises pour le maintenir entre 24 heures et 72 heures,
- 5) les fonctions spécifiquement conçues³ pour contrôler les agressions externes ou internes,
- 6) les fonctions directement liées au contrôle de la radioactivité pendant le fonctionnement normal (par exemple, les ventilations, la surveillance d'activité spécifique, la rétention des effluents),
- 7) les fonctions de surveillance des principaux paramètres du réacteur et de la piscine de désactivation du combustible usé pris en compte comme conditions initiales des études de sûreté (notamment les fonctions LCO cœur et P/S),
- 8) les fonctions nécessaires pendant le fonctionnement normal pour surveiller l'état des barrières lorsque cette surveillance n'est pas assurée par Essais Périodiques,
- 9) les fonctions de limitation mises en place pour éviter les déclenchements inutiles d'actions de protection,
- 10) toute portion de circuit classée mécanique au titre de sa fonction de barrière, et plus particulièrement l'isolement entre deux portions de circuits de classement mécanique différent (voir [§ 3.1.3.](#)),
- 11) les fonctions de contrôle-commande utilisées pendant le fonctionnement normal pour surveiller l'état des fonctions F1 ou des équipements réalisant des actions F1.

Nota : les fonctions de sûreté classées F2 au titre des critères 2), 6), 7), 8), 9), 10) et 11) participent à la prévention des conditions de fonctionnement incidentelles et/ou accidentelles.

2.2.3. PRINCIPES DE CLASSEMENT FONCTIONNEL DES SYSTEMES

Le classement des systèmes est défini conformément aux fonctions de sûreté qu'ils doivent remplir. On distingue :

- les systèmes F1A,
- les systèmes F1B,
- les systèmes F2.

Les systèmes non classés F1 ou F2 sont désignés non classés fonctionnel.

1. La prévention de l'entrée en situation d'accident grave est assurée par les fonctions destinées à limiter les conséquences des conditions de fonctionnement PCC et RRC-A.
2. Les informations nécessaires à la gestion de la conduite accidentelle des conditions de fonctionnement avec fusion du cœur sont identifiées dans la section 19.2.2.7.
3. Les fonctions spécifiquement conçues pour contrôler les agressions externes ou internes sont appelées « Dispositions Agressions ». La définition des Dispositions Agressions (DAgr) est précisée dans la [Réf \[1\]](#).

Par définition, les systèmes F1 sont les systèmes F1A ou F1B.

Par système s'entend un ensemble d'équipements mécaniques et électriques réalisant au moins une fonction (opérationnelle ou de sûreté) comme, par exemple, le RCV, le RIS, ou uniquement une de leurs parties.

Plus généralement, les règles suivantes s'appliquent :

- **Classement F1A :**

Si pour un événement PCC au moins, un système doit remplir une fonction F1A, ce système est classé F1A. Cette exigence de classement englobe les systèmes supports qui sont en état d'attente.

- **Classement F1B :**

Si pour un événement PCC au moins, un système doit remplir une fonction F1B, ce système est classé au moins F1B.

Seuls des systèmes F1 peuvent être utilisés dans la démonstration de sûreté pour atteindre et maintenir l'état d'arrêt sûr. Ainsi, des équipements non F1 ne sont considérés que s'ils ne sont pas favorables pour le transitoire.

En principe, la démonstration de sûreté devrait être faite en considérant les moyens utilisés normalement par les opérateurs dans la salle de commande principale. Cependant, la mise en place dans la salle de commande principale d'une interface homme-machine conventionnelle classée F1B pour pouvoir réaliser la démonstration de sûreté avec des équipements classés F1 alors que les opérateurs utiliseraient une interface homme-machine informatisée classée F2, est acceptable pour autant que :

- le matériel et l'architecture de l'interface homme-machine informatisée satisfassent aux exigences applicables aux systèmes F1B,
- le logiciel correspondant satisfasse aux exigences de qualification du RCC-E,
- les moyens mis en œuvre pour la détection et la signalisation des défaillances de fonctions et d'équipements F2 essentiels de l'interface homme-machine informatisée satisfassent aux exigences applicables aux fonctions et équipements F1B.

- **Classement F2 :**

Si un système doit remplir une fonction F2, ce système est classé au moins F2.

2.2.4. EXCEPTIONS

Des recours limités à des exceptions aux critères de classement fonctionnel F1A, F1B ou F2 sont tolérés. Ces exceptions, ainsi que les justifications associées, sont identifiées dans la section 3.2.2.

2.3. CLASSEMENT SISMIQUE

2.3.1. INTRODUCTION

Le classement sismique fait partie intégrante du classement de sûreté.

Deux classes sismiques sont définies ci-après. Il s'agit de la classe sismique 1 (SC1) et de la classe sismique 2 (SC2).

Les équipements et ouvrages n'appartenant pas aux classes sismiques 1 ou 2 sont dits non classés sismiques.

2.3.2. ÉQUIPEMENTS ET OUVRAGES DE CLASSE SISMIQUE 1 (SC1)

Les équipements et ouvrages de classe sismique 1 (SC1) sont explicités ci-après :

- les équipements qui remplissent les fonctions F1 ou qui sont classés M1 ou M2 ainsi que les bâtiments et structures internes en béton armé classés C1 (voir § 4.2.2.) et les ouvrages et structures de génie civil assurant une fonction F1 doivent appartenir à la classe sismique 1,

- les équipements classés M3 sont classés dans la classe sismique 1 au cas par cas à la suite de l'analyse fonctionnelle de la fonction de confinement, en prenant en considération les exigences des bâtiments. Par exemple, les réservoirs dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) peuvent ne pas être SC1 si le confinement est assuré par la conception du BAN,
- les équipements qui remplissent les fonctions F2 ne doivent généralement pas être SC1. Par exception, les fonctions F2 suivantes seront spécifiquement classées dans la classe sismique 1 :
 - les diesels d'ultime secours (diesels Manque De Tension Généralisée : MDTG) ainsi que leurs systèmes supports,
 - les systèmes participant directement à l'évacuation de la chaleur de l'enclume de confinement en situation d'accident grave, ainsi que les systèmes supports nécessaires à l'accomplissement de cette fonction (alimentations électriques, source froide...),
 - la sectorisation, la détection et les systèmes de lutte contre l'incendie doivent être classés SC1 dans les bâtiments où sont installés des équipements mécaniques, électriques ou de contrôle-commande nécessaires à une fonction F1,
 - les fonctions supplémentaires qui ne sont pas essentielles pour démontrer la capacité de la conception à maintenir l'état d'arrêt sûr mais qui peuvent être néanmoins requises pour le maintenir entre 24 heures et 72 heures.

2.3.3. ÉQUIPEMENTS ET OUVRAGES DE CLASSE SISMIQUE 2 (SC2)

Les équipements et ouvrages qui, en cas de séisme, doivent protéger ou peuvent avoir un impact inadmissible sur les équipements de classe sismique 1 sont classés dans la classe sismique 2. Cet impact inadmissible peut résulter des agressions internes ci-dessous consécutives à un séisme :

- basculement ou chute sur les équipements de classe sismique 1,
- missiles,
- effets causés par les défaillances de composants haute énergie,
- inondation causée par les défaillances des tuyauteries, cuves et réservoirs,
- explosion,
- incendie.

L'analyse des conséquences de défaillances susceptibles d'être induites par le séisme prend en compte l'éventualité de défaillances multiples (voir paragraphe 2 de la section 3.3.2).

Les défaillances consécutives causées par la défaillance d'un équipement électrique et de contrôle-commande doivent être évitées par le découplage des zones protégées et non protégées.

En particulier, si le séisme peut conduire à une agression interne, les moyens de traitement pour cette agression interne ou les mesures pour l'éviter doivent appartenir à la classe sismique 2.

2.4. AUTRES EIPS

Les éléments importants pour la protection des intérêts au sens de l'arrêté INB, associés aux risques liés aux incidents et accidents radiologiques (EIPS), qui ne relèvent pas formellement de la démarche de classement retenue pour EPR en application des Directives Techniques (présentée dans les paragraphes précédents) sont identifiés en tant que « autres EIPS ».

Les éléments ne relevant que du classement sismique en application du [§ 2.3.](#) peuvent, néanmoins, être également identifiés comme « autres EIPS » lorsque des exigences particulières, autres que celles associées au classement sismique, sont appliquées à ces éléments.

Les types d'éléments « autres EIPS » sont :

- les assemblages combustible et les grappes de commande,

- les emballages d'évacuation du combustible usé et les emballages de transport d'assemblages MOX neufs,
- les équipements passifs statiques participant à la protection contre les agressions internes et externes⁴,
- les portions de circuits hydrogénés à risque ne présentant pas de singularités démontables et ne pouvant être affectées par les agressions identifiées dans la section 3.4.6,
- les matériels non classés mécanique, ni ESPN dont le niveau de qualité de conception et de réalisation est valorisé pour ne pas considérer certaines de leurs défaillances dans l'étude des agressions internes concernées (voir sections 3.4.2 et 3.4.3),
- les volants d'inertie des pompes primaires,
- les dispositions matérielles appartenant au Noyau Dur post-Fukushima,
- les instrumentations délivrant les informations nécessaires à l'initiation des actions de protection des populations par les autorités publiques,
- les instrumentations du système d'auscultation de l'enceinte interne constituant le Dispositif d'Auscultation Optimal (DAO).

Les matériels et systèmes faisant l'objet d'exceptions aux critères de classement fonctionnel justifiées et identifiées dans la section 3.2.2, et n'étant pas classés fonctionnel, sont également identifiés en tant que « autres EIPS ».

3. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX CLASSEMENTS DE SÛRETÉ

De manière générale, l'arrêté INB demande pour l'ensemble des ouvrages, matériels et systèmes EIPS :

- la définition des exigences assignées à l'ouvrage, matériel ou système EIPS lui permettant de remplir les fonctions pour lesquelles il est nécessaire dans la démonstration de sûreté,
- la qualification, proportionnée aux enjeux, visant à garantir la capacité de l'ouvrage, système ou matériel EIPS à assurer les fonctions qui lui sont assignées vis-à-vis des sollicitations et des conditions d'ambiance associées aux situations dans lesquelles il est nécessaire,
- la pérennité de la qualification par la mise en œuvre de dispositions d'études, de construction, d'essais, de contrôle et de maintenance.

Les activités permettant l'identification et le respect des exigences imposées aux ouvrages, systèmes et matériels en fonction de leur contribution aux objectifs de sûreté sont définies en tant qu'activités importantes pour la protection des intérêts (AIP) au sens de l'arrêté INB.

La démarche de classement retenue pour EPR en application des Directives Techniques définit des exigences spécifiques selon la classe d'appartenance des ouvrages, systèmes et matériels concernés. Ces exigences sont présentées dans les paragraphes suivants. Elles sont complétées par les exigences communes applicables aux éléments identifiés en tant que « autres EIPS ».

3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT MÉCANIQUE

Les exigences présentées dans ce paragraphe sont à compléter par les exigences issues de la réglementation applicable, notamment vis-à-vis de la conception mécanique des équipements (par exemple l'application de la DESP ou de l'arrêté ESPN) qui peuvent venir renforcer les exigences issues du classement de sûreté (voir section 3.6.2).

4. Les équipements actifs ou passifs non statiques, dont la configuration particulière et le rôle uniquement passif (exemple : vanne maintenue en position fermée) sont valorisés dans les études d'agression, et qui, à ce titre, nécessitent de faire l'objet d'exigences de conception, de réalisation ainsi que de suivi en exploitation, sont assimilés à des équipements passifs statiques participant à la protection contre les agressions internes et externes.

3.1.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES CLASSÉS M1, M2, M3

3.1.1.1. EXIGENCES GÉNÉRALES

Les exigences applicables aux équipements classés M1, M2, M3 sont :

- l'utilisation de règles codifiées en matière de conception et de construction : ces règles codifiées indiquent les méthodologies, les règles et les critères à utiliser pour l'approvisionnement du matériel, la conception, la fabrication, la construction, le contrôle et les essais des composants,
- l'application d'un programme d'assurance qualité : ce programme AQ doit être appliqué aux différentes étapes de la vie du composant (conception, construction, installation, contrôle, essais, fonctionnement, modification).

Les règles de conception, construction ainsi que le programme d'assurance qualité sont présentés dans le sous-chapitre 3.6 ainsi que dans le chapitre 5 pour le circuit primaire et les systèmes associés.


3.1.1.2. ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES SOUMIS À PRESSION

Ces équipements sont les tuyauteries, les réservoirs, les cuves, les pompes, les vannes et les échangeurs thermiques.

Au titre du classement mécanique, des exigences de conception sont associées aux 3 niveaux de classement mécanique. Ces exigences, applicables aux équipements mécaniques classés M1, M2 ou M3 sont définies comme suit :

- **M1** : application du RCC-M1, sauf pour les lignes du CPP de très petit diamètre dont la rupture serait compensable par les moyens normaux d'appoint en eau (compensation de fuite par RCV),
- **M2** : application du RCC-M2. Possibilité d'utiliser l'ASME III-NC ou le KTA pour un nombre limité de composants, avec un complément d'exigences destiné à assurer un niveau de qualité équivalent à celui du RCC-M2,
- **M3** : application du RCC-M3. Possibilité d'utiliser des normes harmonisées européennes ou tout code répondant aux exigences de la Directive Européenne des Equipements Sous Pression DESP, avec un complément d'exigence destiné à assurer un niveau de qualité équivalent à celui du RCC-M3.

Le niveau de qualité de conception et de réalisation des équipements mécaniques doit tenir compte du niveau de classement mécanique (M1, M2, M3), ainsi que des exigences complémentaires issues de la réglementation applicable vis-à-vis des équipements mécaniques (notamment arrêté ESPN). Ces exigences de conception des équipements mécaniques sont présentées aux sections 3.6.0 et 3.6.2.

Pour les lignes du CPP (classé M1) de très petit diamètre dont la rupture serait compensable par les moyens normaux d'appoint en eau (compensation de fuite par RCV), le niveau de qualité de conception Q2 s'applique (point détaillé à la section 3.6.2). Ceci concerne les tuyauteries du CPP et leurs accessoires  et les tuyauteries et leurs accessoires situés en aval d'organes restricteurs de débit dont la section permet une compensation de la fuite par les moyens normaux d'appoint en eau (compensation de fuite par RCV). Ces équipements sont identifiés par la notation M1*.

Pour les lignes du CPP dont le diamètre ne permet pas la compensation de fuite par les moyens normaux d'appoint en eau, l'exigence demeure l'application du RCC-M1.

3.1.1.3. ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES NON SOUMIS À PRESSION

Au titre du classement mécanique, des exigences de conception sont associées aux équipements mécaniques non soumis à pression. Les exigences de conception présentées au [§ 3.1.1.2.](#) (notamment l'application du RCC-M) ne sont pas applicables à l'ensemble des équipements mécaniques non soumis à pression.

Les équipements non soumis à pression et non redevables des exigences de conception présentées au [§ 3.1.1.2.](#) doivent satisfaire à des exigences de conception spécifiques. Ces exigences sont décrites dans les [§ 3.1.4.](#) à [§ 3.1.8.](#).

Nota : Pour les ventilations classées M3 uniquement au titre de leur classement F1, et qui ne participent pas à la prévention de la contamination du milieu environnant, une conception sans exigence particulière d'étanchéité est tolérée. Ces équipements sont identifiés par la notation M3**.

3.1.2. RENFORCEMENT DES EXIGENCES POUR LES COMPOSANTS SOUMIS À EXCLUSION DE RUPTURE OU À EXCLUSION DE FUITE

Les équipements dont l'exclusion de rupture ou l'exclusion de fuite est valorisée dans la démonstration de sûreté font l'objet d'exigences particulières. Ce renforcement d'exigence peut porter sur le recours :

- à des règles de conception spécifiques,
- à une limitation supplémentaire des contraintes,
- à l'ampleur des contrôles à la fabrication,
- au suivi en service.

Les exigences associées aux principes d'exclusion de rupture et d'exclusion de fuite sont respectivement détaillées aux paragraphes 3 et 4 de la section 3.4.2.

3.1.3. INTERFACES ENTRE CLASSES MÉCANIQUES DIFFÉRENTES

La liaison de deux systèmes ou portions de systèmes de classes de sûreté différentes doit être réalisée par l'intermédiaire d'une interface appropriée, dont le rôle est d'éviter que la défaillance d'un matériel de la classe la moins exigeante :

- n'empêche de se réaliser la fonction de sûreté de l'équipement ou du système de la classe la plus exigeante,
- ou entraîne un relâchement non contrôlé de gaz radioactifs normalement stockés pour décroissance.

Lorsqu'un dispositif d'isolement, motorisé ou non, est utilisé pour délimiter deux portions de circuit de niveau de classement mécanique différent (ou pour délimiter une partie classée d'une partie non classée), les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent :

- le dispositif d'isolement est classé mécanique au niveau le plus haut des deux portions de circuit qu'il sépare,
- si, de par son classement fonctionnel, ce dispositif est redondant, les mêmes exigences s'appliquent aux deux organes d'isolement ainsi qu'à la portion de circuit qui les relie éventuellement,
- en outre, si le dispositif doit manœuvrer pour assurer l'isolement :
 - son classement fonctionnel doit être au moins F2, avec les exigences associées dont notamment la qualification aux conditions pour lesquelles l'isolement est requis,
 - la manœuvre doit être possible (initialisable et exécutable),
 - dans le cas particulier d'une limite classé / non classé, le temps de manœuvre doit être compatible avec le maintien d'une contamination du circuit « aval » en dessous des critères de la classe 3 mécanique.

Les interfaces possibles entre deux portions de circuit de niveaux mécaniques différents sont explicitées dans le tableau suivant :

Classe mécanique la plus exigeante	Interfaces possibles	Classe mécanique la moins exigeante
M1 (1)	Au moins : <ul style="list-style-type: none"> - une soupape, - ou deux organes actifs en série (clapets et/ou vannes motorisées télécommandées), - ou deux vannes normalement fermées en série. 	M2, M3, NC
	Un équipement statique (4)	M2
M2	Au moins : <ul style="list-style-type: none"> - une soupape, - ou une vanne motorisée télécommandée (2), - ou un clapet (2), - ou une vanne normalement fermée, - ou une paroi d'échangeur, - ou un point fixe (3), - ou néant (3). 	M3, NC
M3	idem ci-dessus (sept interfaces possibles)	NC

(1) Les tuyauteries du Circuit Primaire Principal au sens de l'arrêté du 10 novembre 1999, c'est-à-dire de diamètre intérieur supérieur à 25 mm sont soumises à l'exigence d'isolement sûr requérant 2 organes d'isolement en série.


(2) Le doublement peut être imposé par le classement fonctionnel.

(3) A condition que la défaillance d'un équipement de la partie la moins classée ne puisse empêcher d'accomplir la fonction du système de la partie la plus classée, ou avoir pour conséquence un relâchement non contrôlé de gaz radioactifs normalement stockés pour décroissance.

(4) On distingue :

- les matériels non-statiques (ou actifs) : il s'agit des matériels comportant des mécanismes ou des parties mobiles accomplissant un mouvement nécessaire à l'exercice de leurs fonctions de sûreté (ex : pompe, vanne changeant de position au cours de conditions accidentelles de la tranche) ;
- les matériels statiques : il s'agit des matériels mécaniques ne répondant pas à la définition ci-dessus (ex : réservoir, échangeur, vanne n'ayant pas de mouvement à effectuer).

Nota : Pour certaines lignes du CPP de très petit diamètre identifiées M1* (voir la définition au § [3.1.1.2.](#)), les règles d'interfaces suivantes sont applicables :

- l'interface entre un équipement identifié M1* et un équipement classé M1 peut être un orifice limiteur de débit d'un diamètre intérieur tel qu'une rupture de la ligne en aval de ce dispositif correspondrait à une brèche compensable par une pompe RCV ,
- l'interface entre un équipement identifié M1* et un équipement classé M2, M3 ou NC est a minima :
 - une soupape,
 - ou une vanne motorisée télécommandée,
 - ou un clapet,
 - ou une vanne normalement fermée.

3.1.4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX SUPPORTS

Il s'agit des supports des équipements soumis à pression et des supports de certains équipements électriques. Ces supports consistent en des plates-formes en acier, des poutres, des brides, des dispositifs autobloquants. En particulier pour les tuyauteries, ces supports peuvent être des supports normalisés, lorsque cela est possible.

Ils sont organisés en trois sous-niveaux :

- supports des équipements de niveau M1,
- supports des équipements de niveau M2,
- supports des équipements de niveau M3.

Ils doivent être conçus, fabriqués et contrôlés conformément aux règles spécifiques aux supports figurant dans les règles retenues pour la conception des matériels supportés (voir section 3.6.2).

- autres supports :
 - les supports des autres équipements électriques (câbles, connexions, armoire électrique...) sont traités dans le RCC-E,
 - la piscine de stockage du combustible : les internes de la piscine de stockage du combustible sont classés comme des supports des équipements de niveau M2,
 - les règles de conception des supports ou des parties de support noyées dans le béton sont définies dans l'ETC-C.

3.1.5. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX INTERNES DU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL

En ce qui concerne l'intégrité mécanique, les internes du circuit primaire principal sont organisés en deux sous-classes :

- CS (structures support de cœur) pour les équipements considérés comme des supports de cœur,
- IS (structures internes) pour les autres structures internes.

Les équipements CS sont ceux qui sont nécessaires à l'intégrité mécanique des assemblages combustible.

Une sous-section spécifique du RCC-M (volume G) définit les prescriptions qui sont intégralement applicables aux éléments classés CS.

Les éléments classés IS ne sont pas soumis aux dispositions du RCC-M, hormis ceux explicitement cités par le volume G qui précise les dispositions qui leur sont applicables.

D'autres équipements internes du CPP sont aussi couverts par le RCC-M. C'est en particulier le cas de l'arbre des groupes motopompes primaires.

3.1.6. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX DISPOSITIFS DE MANUTENTION

Les dispositifs de manutention n'ont pas de rôle de barrière vis-à-vis d'un rejet d'activité significativement supérieur à la contamination du milieu environnant et, à ce titre, ne relèvent pas du classement mécanique. En général, ces dispositifs n'assurent pas directement de fonctions de sûreté, ce qui conduit à ne pas leur appliquer de classement fonctionnel. Néanmoins, les dispositifs de manutention, qui sont amenés à être valorisés dans des analyses de sûreté permettant de démontrer l'atteinte des états physiques définis pour les conditions de fonctionnement de l'EPR, relèvent du classement fonctionnel et des exigences qui en découlent.

Par ailleurs, des exigences graduées (voir section 3.4.5), fonction des conséquences sur la sûreté de l'installation d'une hypothétique chute de charge lors de sa manutention, sont appliquées aux dispositifs de manutention. Ces exigences de conception, de montage et de contrôle, exprimés au travers d'un classement « Haute Sécurité » dédié, tiennent compte des conséquences potentiellement induites par la chute de l'engin ou par la chute de la charge manutentionnée vis-à-vis d'un retour en criticité du combustible, d'une atteinte à l'évacuation de la puissance résiduelle du combustible, d'une irradiation à l'intérieur ou à l'extérieur de la centrale, ou d'une atteinte à la disponibilité d'une fonction de sûreté F1.

Les exigences associées aux dispositifs de manutention « Haute Sécurité » sont présentées dans le tableau [TAB-3.2.1.4](#).

3.1.7. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX DISPOSITIFS D'ENTREPOSAGE DU COMBUSTIBLE

Les exigences appliquées aux râteliers d'entreposage du combustible ont pour objet de garantir l'aptitude de ces équipements à conserver leurs propriétés géométriques contribuant à l'accomplissement des fonctions de sûreté associées au maintien sous-critique des assemblages, à l'évacuation de la chaleur résiduelle des assemblages et à l'intégrité de la gaine du combustible. Ces exigences sont précisées aux sections 9.1.1 et 9.1.2 et dans le tableau 3.2.2 TAB 3.

3.1.8. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX SYSTÈMES DE VENTILATION

Sont concernés :

- les systèmes de ventilation classés F1 ou F2,
- les matériels classés mécaniques des systèmes de ventilation. À cet égard, la définition des "locaux à risque iode", incluant les situations normales et accidentelles, a été établie (voir sous-chapitre 12.3).

En conséquence, les systèmes de ventilation doivent être conçus conformément au classement fonctionnel et au classement mécanique :

- classement fonctionnel : F1, F2, NC ;

- classement mécanique : M2, M3, NC.

Les exigences d'étanchéité des parties de ces systèmes classées mécaniques au titre de la prévention de la contamination du milieu environnant sont spécifiées au sous-chapitre 9.4. Pour les parties de ces systèmes classées mécaniques uniquement au titre de leur classement fonctionnel F1, seules les exigences relatives au classement fonctionnel s'appliquent.

3.2. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT FONCTIONNEL

3.2.1. EXIGENCES PORTANT SUR LES SYSTÈMES

Les exigences standard portant sur les systèmes classés de sûreté F1 et F2 sont présentées dans le tableau [TAB-3.2.1.3](#).

Les exigences appliquées aux systèmes support de fonctions de sûreté classées F1 ou F2 sont définies en fonction du classement des fonctions servies et des conséquences de la défaillance des systèmes support sur les fonctions servies.

3.2.2. EXIGENCES PORTANT SUR LES ÉQUIPEMENTS

3.2.2.1. ÉQUIPEMENTS REMPLISSANT UNE FONCTION F1

Les exigences applicables aux équipements remplissant une fonction F1 sont :

- l'utilisation de règles codifiées de conception et de construction : ces règles codifiées indiquent les méthodologies, les règles et les critères à utiliser pour l'approvisionnement du matériel, la conception, la fabrication, la construction, le contrôle et les essais des composants. Le code correspondant à chaque domaine est défini au [§ 3.1.1](#) pour les équipements mécaniques. Pour les équipements électriques et de contrôle commande, le code correspondant est le RCC-E,
- le classement mécanique : au moins M3,
- l'application d'un programme d'assurance qualité : ce programme AQ devra être appliqué aux différentes étapes de la vie du composant (conception, construction, installation, contrôle, essais, fonctionnement, modification),
- la qualification aux conditions de fonctionnement (voir sous-chapitre 3.7) : la qualification vise à vérifier que les composants des systèmes classés de sûreté peuvent remplir de manière appropriée leurs fonctions dans les conditions où ils sont requis (P, T, humidité, activité spécifique, correspondant à un APRP ou à un accident grave, fonctionnement de longue durée, vieillissement...),
- le dimensionnement au séisme, imposé par le classement SC1 des matériels remplissant une fonction F1 (voir [§ 2.3.2](#)),
- l'identification des exigences fonctionnelles des équipements qui sont, par exemple, l'opérabilité pour les équipements dont la manœuvre est requise, la capacité fonctionnelle (notamment pour les équipements de tuyauteries), l'intégrité, l'étanchéité ou la stabilité,
- l'aptitude aux essais périodiques.

3.2.2.2. ÉQUIPEMENTS REMPLISSANT UNE FONCTION F2

Les exigences applicables aux équipements remplissant une fonction F2 sont :

- l'utilisation de règles codifiées de conception et de construction ou de normes (RCC, normes harmonisées européennes...),
- l'application d'un programme d'assurance qualité,
- la qualification aux conditions de fonctionnement (voir sous-chapitre 3.7),
- le dimensionnement au séisme au cas par cas, pour certains matériels remplissant une fonction F2 (voir [§ 2.3.2](#)).

- l'identification des exigences fonctionnelles des équipements qui sont, par exemple, l'opérabilité pour les équipements dont la manœuvre est requise, la capacité fonctionnelle (notamment pour les équipements de tuyauteries), l'intégrité, l'étanchéité ou la stabilité,
- l'aptitude aux essais périodiques.

3.2.3. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES

Les exigences associées aux équipements électriques sont portées par un classement des équipements électriques qui prend en compte la catégorisation des systèmes électriques conformément au classement des fonctions de sûreté (F1A, F1B et F2) tel que défini précédemment (voir [§ 2.2.](#)).

Les classes d'équipements électriques sont définies comme suit :

- les fonctions de sûreté F1 doivent être assurées par des équipements électriques classés EE1,
- les fonctions de sûreté F2 doivent être assurées par des équipements électriques classés EE1 ou EE2.

Les exigences associées à ces différentes classes sont définies par le RCC-E.

Les règles d'interfaces entre matériels électriques de classes différentes sont précisées au sous-chapitre 8.3 du Rapport de Sûreté.

3.2.4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE

3.2.4.1. PRINCIPES DE CLASSEMENT DES ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE

Les exigences associées aux équipements de contrôle-commande sont portées par un classement du contrôle-commande. Cette catégorisation des fonctions de sûreté du contrôle-commande (classes de systèmes et d'équipements de contrôle-commande associés) est conforme au classement des fonctions de sûreté (F1A, F1B, F2) tel que défini précédemment (voir [§ 2.2.](#)).

Les classes d'équipements de contrôle-commande sont définies comme suit :

- les fonctions de sûreté F1A doivent être implantées dans des équipements de contrôle-commande classés E1A,
- les fonctions de sûreté F1B doivent être implantées dans des équipements de contrôle-commande classés E1A ou E1B,
- les fonctions de sûreté F2 doivent être implantées dans des équipements de contrôle-commande classés E1A, E1B ou E2.

Le niveau minimum de couplage entre les classes de fonctions et les classes de systèmes est illustré dans le tableau [TAB-3.2.1.1.](#)

Les exigences associées à ces différentes classes, ainsi que les règles d'interfaces entre matériels de classes différentes, sont précisées au paragraphe 0 du sous-chapitre 7.1 du Rapport de Sûreté.

3.2.4.2. FONCTIONS DU CONTRÔLE-COMMANDE SPÉCIFIQUES

La surveillance des systèmes de sûreté pendant les conditions post-accidentelles aura le même classement que les actions suivantes associées que l'opérateur devra entreprendre. Les signaux de retour de contrôle (signaux indiquant l'état de l'actionneur) auront la même classification que les actions suivantes associées que l'opérateur devra entreprendre.

3.3. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SISMIQUE

Le classement sismique est un classement de sûreté.

Des exigences, telles que l'opérabilité, la stabilité, l'intégrité, etc., sont associées au classement sismique des équipements et des ouvrages qui les nécessitent et définies à la section 3.3.2.

Les exigences de conception relatives au classement sismique des équipements et des ouvrages sont précisées :

- dans le RCC-E pour les équipements électriques,
- au sous-chapitre 7.1 pour les équipements de contrôle-commande,
- au sous-chapitre 3.6 pour les équipements mécaniques,
- à la section 3.5.0 pour les ouvrages de génie civil classés C1.

Pour les autres équipements et ouvrages classés sismiques en application du [§ 2.3](#), dont des équipements passifs statiques participant à la protection contre les agressions internes et externes, des requis sismiques spécifiques peuvent être retenus selon le rôle de ces éléments dans la démonstration de sûreté. A titre d'exemple, de tels requis contribuent au maintien en bon état après séisme des dispositifs assurant la sectorisation incendie tels que les calfeutrements de traversées entre volumes de feu de sûreté et les protections de chemins de câbles.

3.3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SC1

Les exigences pour les équipements de classe sismique 1, définies à la section 3.3.2, sont, dans la mesure où elles sont requises :

- opérabilité requise pendant ou après un séisme,
- capacité fonctionnelle,
- intégrité,
- stabilité.

Le dimensionnement sismique des équipements classés SC1 inclut l'exigence d'intégrité ou de stabilité. Les exigences de capacité fonctionnelle ou d'opérabilité doivent être définies dès lors qu'elles sont requises conformément aux exigences fonctionnelles du système.

En général, pour les équipements électriques et de contrôle-commande classés SC1, c'est la fonction « opérabilité après le séisme » qui est requise.

En général, pour les équipements mécaniques classés SC1, ce sont les fonctions « capacité fonctionnelle » ou « opérabilité après le séisme » qui sont requises.

Pour les équipements mécaniques classés SC1 au titre exclusif d'un classement M2 ou M3 seule l'intégrité est requise.

Pour les équipements actionnés pendant un séisme (par exemple, certaines vannes, déclenchement d'un arrêt automatique du réacteur) ou les équipements en fonctionnement (par exemple, les pompes des systèmes F1), « l'opérabilité pendant le séisme » est requise.

Les fonctions attendues des ouvrages de génie civil sont précisées à la section 3.3.2. En général, pour les ouvrages de classe sismique 1, ce sont les fonctions « stabilité » et / ou « confinement » qui sont requises.

3.3.2. EXIGENCES ASSOCIÉES AU CLASSEMENT SC2

Les équipements/ouvrages de classe sismique 2, sont conçus à l'aide de méthodes appropriées à leurs exigences.

Les exigences pour la classe sismique 2, définies à la section 3.3.2, sont, dans la mesure où elles sont requises :

- opérabilité requise pendant ou après un séisme,
- intégrité,
- stabilité.

En général, l'exigence des ouvrages de classe sismique 2 est la stabilité et les exigences des équipements de classe sismique 2 sont la stabilité et / ou l'intégrité.

Pour les équipements actifs classés SC2 vis-à-vis d'une agression interne susceptible d'être initiée par le séisme, l'exigence d'opérabilité peut être requise « pendant » ou « après » le séisme selon les cas.

3.4. EXIGENCES ASSOCIEES AUX AUTRES EIPS

Les exigences communes applicables aux éléments identifiés en tant que « autres EIPS » sont :

- l'application de spécifications techniques contractuelles ayant généralement recours à des codes et normes reconnus pour la conception et la réalisation des éléments concernés,
- l'application d'un programme d'assurance qualité,
- la qualification aux conditions d'environnement associées aux situations pour lesquelles ces éléments sont requis (voir sous-chapitre 3.7),
- l'aptitude au suivi en exploitation (essais, contrôles, maintenance selon les cas).

4. CLASSEMENT DES OUVRAGES

4.1. APPROCHE DE CLASSEMENT

Les bâtiments ont deux fonctions principales :

- la protection des systèmes se trouvant à l'intérieur de ces bâtiments,
- une fonction barrière.

La première fonction est liée à la protection des systèmes contre les agressions externes : l'objectif est la prévention des événements internes induits.

La deuxième fonction est liée aux conséquences des défaillances qui peuvent survenir à l'intérieur des bâtiments et qui ne doivent pas se propager à l'extérieur (aspect radiologique) : l'objectif est la mitigation. Cette fonction confinement est traitée avec des exigences calées sur les évaluations de conséquences radiologiques. Les exigences associées à cette fonction sont décrites dans les sections du Rapport de Sûreté qui traitent du confinement (voir sections 3.5.0 et 6.2.1).

4.2. CLASSEMENT AU TITRE DE LA FONCTION PROTECTION DE SYSTÈMES

4.2.1. FONCTIONS PRINCIPALES DES BÂTIMENTS EN CAS D'AGRESSIONS EXTERNES

Les bâtiments doivent résister aux agressions externes de manière à ce que les deux conditions suivantes soient satisfaites :

- 1) une agression externe, considérée de manière déterministe, ne doit pas empêcher la réalisation d'une quelconque fonction F1,

ET

- 2) une agression externe ne doit pas entraîner de risque radiologique inacceptable.

4.2.2. CLASSEMENT C1

Le classement lié aux agressions externes concerne ainsi les bâtiments abritant, soit des équipements assurant les fonctions F1, soit des substances radioactives.

Définition du classement C1 :

Un bâtiment est classé C1 s'il abrite :

- soit des équipements remplissant les fonctions F1,
- soit des équipements susceptibles de contenir des substances radioactives, donc classés mécanique M1, M2 ou M3.

Les structures internes en béton armé de ces bâtiments sont classées C1 si elles supportent des équipements remplissant les fonctions F1.

Les autres bâtiments sont dits non classés C1.

Le classement des différents bâtiments concernés est présenté dans le tableau 3.2.2 TAB 5.

4.2.3. EXIGENCES CONCERNANT LE CLASSEMENT C1

Les bâtiments, et les structures internes en béton armé, classés C1 relèvent de la classe sismique 1 (voir [§ 2.3.2.](#)) et des exigences associées à cette classe.

Le niveau des exigences retenues pour les différents ouvrages, en prenant en compte les exigences du [§ 4.2.1.](#) liées au classement, est présenté à la section 3.5.0 (tableau 3.5.0 TAB 2 notamment).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 2.1

PAGE 23/27

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Note EDF ENFCAE080060 ind. E – Principes de prise en compte des agressions dans le Chapitre II - « Agressions » - des RGE de l'EPR FA3

TAB-3.2.1.1 AFFECTATION DES EXIGENCES AUX SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE

FONCTIONS DE SÛRETÉ	EXIGENCES CONCERNANT LES CLASSES DE SYSTÈMES ET D'ÉQUIPEMENTS I&C ASSOCIÉS	CLASSES DE SYSTÈMES ET D'ÉQUIPEMENTS I&C ASSOCIÉS	EXIGENCES POUR LES ÉQUIPEMENTS
F1A	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune perte de fonction due à une défaillance même pendant la maintenance préventive ou les essais périodiques - Combinaison d'une défaillance unique avec la maintenance préventive ou l'essai périodique - Protection contre les agressions internes et externes - Aptitude aux essais périodiques et assurance qualité (conception) 	F1A E1A	Telles que définies par le RCC-E
F1B	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune perte de fonction due à une défaillance même pendant la maintenance préventive ou les essais périodiques (au cas par cas) - Combinaison d'une défaillance unique avec la maintenance préventive ou l'essai périodique au niveau de la fonction - Protection contre les agressions internes et externes - Aptitude aux essais périodiques et assurance qualité (conception) 	F1A ou F1B E1A ou E1B	Telles que définies par le RCC-E
F2	<ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte de la défaillance unique non requise au titre de la sûreté - Une défaillance ne doit pas générer d'événements PCC-3 ou PCC-4 même pendant la maintenance préventive ou les essais périodiques - Tolérance des agressions internes et externes au cas par cas - Aptitude aux essais périodiques et assurance qualité (conception) 	F1A, F1B ou F2 E1A, E1B ou E2	Telles que définies par le code de conception et de construction

**TAB-3.2.1.2 PRÉSENTATION D'ENSEMBLE DES
EXIGENCES APPLICABLES AUX ÉQUIPEMENTS
REMPLISSANT LES FONCTIONS DE SÛRETÉ F1 OU F2 OU
CLASSÉS M1, M2 OU M3**

EXIGENCES POUR LES ÉQUIPEMENTS	CLASSES DE SÛRETÉ		
	F1A et F1B	F2	M1, M2, M3
Utilisation de codes de conception	OUI	OUI	OUI
Assurance qualité	OUI	OUI	OUI
Qualification aux conditions de fonctionnement	OUI	OUI	Sans Objet
Qualification sismique	OUI	Au cas par cas (voir § 2.3.2.)	M1 et M2 : OUI M3 : au cas par cas
Aptitude aux Essais périodiques	OUI	OUI	NON (1)

(1) sauf organes actifs

TAB-3.2.1.3 EXIGENCES STANDARD PORTANT SUR LES SYSTÈMES CLASSÉS DE SÛRETÉ F1 ET F2

Système classé de sûreté	Critère de défaillance unique passive (1)	Critère de défaillance unique active	Séparation physique et électrique	Alimentation électrique de secours (diesels principaux)	Aptitude aux essais périodiques	Assurance qualité	Conception résistant au séisme de dimensionnement (classe sismique 1)	Qualification à l'ambiance
F1A	OUI Au niveau du système	OUI Au niveau du système	OUI (2)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F1B	OUI (3) Au niveau de la fonction	OUI (3) Au niveau de la fonction	OUI (4)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F2	NON	NON	(5) (6)	Au cas par cas	OUI	OUI	Au cas par cas (voir § 2.3.2.)	OUI

(1) Défaillance unique passive après 24 heures.

(2) Entre files redondantes (cf. nota (3) ci-dessous).

(3) Peut être satisfait par une diversification fonctionnelle.

Le critère de défaillance unique (active ou passive) est pris en considération dans la conception des systèmes F1A. Ceci signifie que ces systèmes sont nécessairement redondants. Pour les systèmes F1B, le critère de défaillance unique (active ou passive) est pris en considération au niveau de la fonction. Ceci signifie que ces systèmes ne sont pas nécessairement redondants, et que, lorsqu'ils ne le sont pas, un autre train existant (diversité fonctionnelle, F1A ou F1B) doit être évalué à des fins de défaillance unique. Dans ce cas, l'exigence en matière de séparation physique s'applique aux trains diversifiés.

(4) Entre files redondantes ou trains diversifiés (cf. nota (3) ci-dessus).

(5) Lorsqu'un système F2 est utilisé en secours, il doit être séparé du système pour lequel il constitue un secours lorsqu'il peut être affecté par l'événement initiateur ou par les conséquences.

(6) Lorsqu'un système F2 est utilisé pour mitiger les conséquences d'une agression interne ou externe, sa fonction ne doit pas être empêchée par l'agression.

TAB-3.2.1.4 EXIGENCES PORTANT SUR LES SYSTÈMES DE MANUTENTION

Niveau d'exigences ⁽¹⁾	Dimensionnement au séisme de dimensionnement	Aptitude aux essais périodiques	Assurance qualité
HS Niveau 1 CST ⁽²⁾ / Exigences accrues selon KTA	OUI	OUI	OUI
HS Niveau 2 CST ⁽²⁾ / Exigences additionnelles ou Exigences pour les machines de chargement selon KTA	OUI	OUI	OUI

(1) Exigences établies sur la base de l'analyse de risque et présentées à la section 3.4.5 du Rapport de Sûreté. Le référentiel retenu est CST 60.C.007.03 ou KTA 3902.

(2) HS Niveau 1 = Haute Sécurité niveau 1 / HS Niveau 2 = Haute Sécurité niveau 2 pour raisons sûreté.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 2.2

PAGE 1/11

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.2.2 LISTE DE CLASSEMENT	3
LISTE DES RÉFÉRENCES	4

TABLEAUX :**TAB-3.2.2.1 CLASSEMENT DES PRINCIPAUX SYSTÈMES****MÉCANIQUES 6****TAB-3.2.2.2 CLASSEMENT DES PRINCIPAUX SYSTÈMES****ÉLECTRIQUES 7****TAB-3.2.2.3 CLASSEMENT ET EXIGENCES ASSOCIÉES AUX PRINCIPAUX
SYSTÈMES DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE DU****COMBUSTIBLE 8****TAB-3.2.2.4 CLASSEMENT DES SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS DE
CONTRÔLE-COMMANDE 9****TAB-3.2.2.5 CLASSEMENT DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL 10****TAB-3.2.2.6 SYNTHÈSE DES EXCEPTIONS 11**

.3.2.2 LISTE DE CLASSEMENT

Le classement de sûreté des systèmes, équipements et ouvrages de l'EPR, déterminés par application de la démarche présentée en section 3.2.1, sont présentés dans les tableaux suivants :

- Tableau [TAB-3.2.2.1](#) : classement des principaux systèmes mécaniques,
- Tableau [TAB-3.2.2.2](#) : classement des principaux systèmes électriques,
- Tableau [TAB-3.2.2.3](#) : classement des principaux équipements de manutention et d'entreposage du combustible,
- Tableau [TAB-3.2.2.4](#) : classement des systèmes et équipements de contrôle-commande,
- Tableau [TAB-3.2.2.5](#) : classement des ouvrages de génie civil.

Les éléments importants pour la protection des intérêts au sens de l'arrêté INB associés aux risques liés aux incidents et accidents radiologiques (EIPS) qui ne relèvent pas formellement de la démarche de classement retenue pour EPR en application des Directives Techniques (« Autres EIPS ») sont identifiés dans la section 3.2.1.

Le classement des systèmes, équipements et ouvrages s'inscrit dans le cadre de la démarche de sûreté et s'appuie sur l'identification des fonctions de sûreté auxquelles ces matériels contribuent. L'identification des exigences de classement associées aux dispositions nécessaires au respect des critères de sûreté se base sur les études d'accidents (PCC, RRC-A, accidents graves) ou d'agressions réalisées dans le cadre du présent Rapport de Sûreté.

A ce titre, la Note de Synthèse des Analyses d'Exigences Fonctionnelles [Réf \[1\]](#) constitue un recueil d'exigences de sûreté participant à la conception de chaque système élémentaire par identification de ses rôles et fonctions pour les différentes situations de la démonstration de sûreté.

Les cas limités de fonctions et équipements faisant l'objet d'une exception aux règles de classement énoncées dans la section 3.2.1 sont identifiés dans le tableau [TAB-3.2.2.6](#).

Les points suivants sont en outre à noter :

- Le classement fonctionnel présenté dans les tableaux ci-après est l'exigence maximale. Notamment, pour les matériels électro-mécaniques, le requis fonctionnel de la partie mécanique « statique » peut différer de celui de la partie « manœuvre » qui englobe notamment la partie électrique et contrôle-commande.
- Le classement SC2 mentionné dans les tableaux ci-après ne s'applique que si la défaillance des équipements concernés peut avoir un impact inadmissible sur les équipements de classe SC1 en cas de séisme. Les systèmes ou parties de systèmes faisant l'objet de la seule exigence SC2 stabilité ne sont pas nécessairement mentionnés dans les tableaux ci-après.
- Le niveau de qualité de conception et de réalisation défini dans la colonne « qualité de réalisation » du tableau [TAB-3.2.2.1](#) est déterminé sur la base du niveau de classement mécanique et du niveau de classement ESPN (cf. paragraphe 3.1.1.2 de la section 3.2.1). Les exigences associées sont précisées dans la section 3.6.2. Les équipements pour lesquels le RCC-M ou équivalent n'est pas applicable (mention « s.o. ») font l'objet d'exigences spécifiques. Les exigences particulières appliquées au titre de la démarche d'exclusion de rupture ou de fuite (cf. paragraphes 3 et 4 de la section 3.4.2) sont également identifiées dans le tableau [TAB-3.2.2.1](#).
- La mention « Reste du système » utilisée dans le tableau [TAB-3.2.2.1](#) signifie qu'au moins un matériel, non couvert par les autres exigences du système, a l'exigence spécifiée.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1] ECEF0100515 O – Synthèse des analyses d'exigences fonctionnelles par systèmes élémentaires**
- [2] D305917011202 Justification de l'exception associée à la surveillance de la concentration en bore du circuit primaire**
- [3] D305117059232 Justification de l'exception associée à la détection de rupture de ligne véhiculant du fluide primaire hors enceinte**
- [4] TFCT130562 – Justification de l'exception associée aux systèmes contribuant à la réalisation du déclenchement turbine et d'auxiliaires permettant l'isolement des consommateurs vapeurs en salle des machines**
- [5] TFCT130592 – Justification de l'exception associée aux Fonctions LCO GCT programmée dans le système de contrôle-commande PAS**
- [6] TFCT130612 – Justification de l'exception associée aux fonctions de limitation mettant en œuvre des systèmes du bâtiment électrique non classé et de l'îlot conventionnel**
- [7] TSIE130858 – Justification de l'exception associée au compte-rendu d'état des moteurs grande vitesse et très grande vitesse des organes filtrants CFI**
- [8] TSIE131265 – Justification de l'exception associée aux disjoncteurs non classés dont l'ouverture contribue à des fonctions dispositions agression**
- [9] D305913001652 – Justification de l'exception associée à la non application de l'aggravant unique sur les clapets des accumulateurs RIS,**
- [10] D305913002014 – Justification de l'exception associée à la non application de l'aggravant unique sur les vannes d'isolement du circuit VVP**
- [11] PEPS-F DC184 F– Justification de l'exception associée à la non application de l'aggravant unique sur les soupapes du pressuriseur**
- [12] ECESN130383 – Dossier de justification de l'exception associée au classement F1B non sismique de la fonction d'aspersion normale du pressuriseur**
- [13] TSIE131213 A – Justification de l'exception associée à la disponibilité des moyens de protection incendie en station de pompage suite à séisme**
- [14] TSIM131404 A – Justification de l'exception associée à la disponibilité des fonctions de conditionnement en station de pompage suite à séisme**
- [15] ECESN121027 – Justification des exceptions associées à la valorisation du troisième train PTR et de la chaîne de refroidissement EVU/SRU en PCC et aux fonctions de commande, non F1B, dont les défaillances en fonctionnement normal conduiraient à des PCC3 ou PCC4**
- [16] FA3ELY2016FR0037 A – Justification des exceptions associées au système de détection hydrogène dans les locaux du RdP pendant les essais de soupapes du pressuriseur**
- [17] D305215061381 A – Cellules électriques non classées dont l'ouverture contribue à des fonctions agressions sur les systèmes SEN et CRF**

[18] FA3-DITSCV-2018-FR-0207 Dossier de dérogation aux règles de classement F1A de l'automatisme de déclenchement des pompes RRI

[19] D305217014140 A Justification du déclenchement au MCP des pompes SEN et CRF sur alarme DP SEF

[20] D305117058385 A Etude des conséquences d'une fuite sur les tronçons PTR non isolables en condition de fonctionnement de référence PCC

[21] D305117029015 A Justification de la non application du critère de défaillance unique à la fonction de sûreté F1B d'isolement des accumulateurs RIS

[22] FA3-DITSNE-2019-FR-0134 Isolement ARE petit débit et très petit débit – Justification de l'exception aux règles de classement de sûreté

[23] REV03639RDP - Justification de l'exception à la règle de classement relative au dispositif d'obturation mobile de la troisième file PTR

TAB-3.2.2.1 CLASSEMENT DES PRINCIPAUX SYSTÈMES MÉCANIQUES

□

TAB-3.2.2.2 CLASSEMENT DES PRINCIPAUX SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

□

TAB-3.2.2.3 CLASSEMENT ET EXIGENCES ASSOCIÉES AUX PRINCIPAUX SYSTÈMES DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE DU COMBUSTIBLE

□

**TAB-3.2.2.4 CLASSEMENT DES SYSTÈMES
ET ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE**

□

TAB-3.2.2.5 CLASSEMENT DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

□

TAB-3.2.2.6 SYNTHÈSE DES EXCEPTIONS

□

3.3 PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS EXTERNES

3.3.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRESSIONS EXTERNES

3.3.1 BASES DE CONCEPTION

3.3.2 PROTECTION CONTRE LES SÉISMES

3.3.3 PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION

3.3.4 PROTECTION CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION - EXPLOSION EXTERNE

3.3.5 PROTECTION CONTRE L'INONDATION EXTERNE

3.3.6 PROTECTION CONTRE LES CONDITIONS CLIMATIQUES EXTREMES

3.3.7 PROTECTION CONTRE LA FOUDRE ET LES INTERFÉRENCES ÉLECTROMAGNETIQUES (IEM)

3.3.8 AGRESSIONS SPÉCIFIQUES À LA SOURCE FROIDE

3.3.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.0

PAGE 1/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.3.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRSSIONS

EXTERNES 2

1. EXIGENCES 2

2. RÈGLES D'ÉTUDES 2

3. AGRSSIONS EXTERNES PRISES EN COMPTE 2

.3.3.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRESSIONS EXTERNES

Préambule :

Principes relatifs à la protection contre les actes de malveillance : Un certain nombre de précautions permettant de mettre les systèmes vitaux à l'abri d'actes malveillants est pris en compte (dispersion géographique, redondance des matériels, séparation des voies ...). Les conséquences d'actes de malveillance sur l'installation sont enveloppées par les conséquences des accidents étudiés au titre du RDS. Conformément aux dispositions prévues par l'article R.593-16 du code de l'environnement, les éléments de démonstration de la sûreté de l'installation vis-à-vis des actes de malveillance sont apportés dans un dossier classé confidentiel défense.

1. EXIGENCES

Les exigences de sûreté liées à chaque agression externe sont définies dans les sections correspondantes (sections 3.3.i.0). Les exigences communes sont fournies dans cette section.

Les agressions externes, d'origine naturelle ou liées à l'activité humaine, constituent un risque potentiel pour la sûreté de la tranche. Ces agressions (leur nature comme leur niveau) dépendent du site étudié.

L'objectif général est de garantir que les fonctions de sûreté des systèmes et des matériels qui sont nécessaires pour amener la tranche dans un état d'arrêt sûr et pour limiter les rejets radioactifs ne sont pas affectées de manière inadmissible.

La démonstration de sûreté relative aux agressions externes doit tenir compte de l'ensemble des causes possibles de ces agressions et le cas échéant des défaillances induites.

Conformément à la prescription technique INB167-6, les conséquences radiologiques des situations résultant des risques d'origine externe doivent être au plus équivalentes à celles évaluées pour les conditions de fonctionnement correspondant à des fréquences d'occurrence équivalentes.

Enfin, les équipements dont le fonctionnement est nécessaire durant les agressions externes doivent être qualifiés pour la plage de paramètres supposée survenir au cours de tels événements.

2. RÈGLES D'ÉTUDES

La démarche de protection contre les agressions externes consiste à expliciter les cas de charges à considérer pour chaque agression externe puis à dimensionner les structures et équipements qui doivent y résister.

Une approche événementielle complémentaire, évaluée, si nécessaire les dépendances entre agressions externes et agressions ou événements internes et les modalités prises pour y faire face.

Les agressions sont par ailleurs analysées pour leur contribution au risque global de fusion de coeur (voir chapitre 18).

3. AGRESSIONS EXTERNES PRISES EN COMPTE

La liste des agressions externes est précisée dans les Directives Techniques (F.2.1), dans la prescription technique INB 167-5 pour Flamanville 3 et dans l'arrêté INB.

Les agressions externes considérées sont : le séisme, la chute d'avion, l'explosion externe, la foudre et les interférences électromagnétiques, les eaux souterraines, les conditions météorologiques

extrêmes, l'inondation externe, la sécheresse, la formation de glace, l'arrivée massive de colmatants, les nappes d'hydrocarbures, l'ensablement/envasement, les gaz toxiques, corrosifs ou inflammables.

Les cumuls plausibles entre les agressions ci-dessus sont identifiées et traitées dans les sections dédiées à chaque agression.

Ces cumuls peuvent être de plusieurs types :

- cumuls entre agressions initiatrice et induite ; lorsqu'il existe un lien de causalité,
- combinaisons entre agressions externes naturelles ; ces agressions constituent des phénomènes physiques concomitants d'une même condition météorologique (par exemple, la concomitance possible de la foudre et de pluies de forte intensité lors d'un orage),
- cumuls indépendants.

Il peut également être considéré des cumuls dits « cumuls conventionnels », imposés notamment par la réglementation.

Les éventuelles agressions (internes ou externes) et conditions de fonctionnement dont le cumul avec l'agression de référence est considéré, ainsi que le type de cumul, relèvent de l'avis d'expert, et sont déterminés agression par agression. Les cumuls plausibles retenus sont, en conséquence, présentés dans les sections agressions correspondantes.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.1

PAGE 1/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.3.1 BASES DE CONCEPTION	2
1. PRINCIPE DE PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS EXTERNES	2
2. BASES DE CONCEPTION	2
3. AGRESSIONS EXTERNES PRISES EN COMPTE POUR LA CONCEPTION	3

.3.3.1 BASES DE CONCEPTION

1. PRINCIPE DE PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS EXTERNES

Dans le cadre du dimensionnement, le principe de base de la protection de l'EPR contre les agressions externes est, en cohérence avec les Directives Techniques (F.2.1)¹, celui de la démarche «cas de charge». Cette démarche consiste à rechercher le découplage, autant que faire se peut, entre :

- l'étude de l'agression elle-même et l'étude du processus chaudière,
- l'étude de l'agression et les autres agressions internes ou externes.

Le découplage est recherché autant que possible au travers de la limitation :

- des conséquences de l'agression sur les fonctions de sûreté définies au sens des études d'accidents, c'est-à-dire en pratique sur les matériels qu'elles requièrent, en justifiant a minima l'absence de défaillance de mode commun,
- des conséquences de l'agression sur les matériels dont la défaillance peut être source d'agression interne ou externe.

Un découplage total n'est cependant pas systématiquement recherché. Lorsqu'il n'est pas exclu par conception, des études de vérification permettent de s'assurer, in fine, que les objectifs de sûreté sont atteints.

2. BASES DE CONCEPTION

On distingue deux familles d'agressions externes :

- Celles, le séisme par exemple, vis-à-vis desquelles l'ensemble des matériels classés au titre des conditions de référence (PCC) et/ou au titre du confinement (classement mécanique) sont protégés à l'exception de ceux dont la défaillance ne remet pas en cause le respect des objectifs de conséquences radiologiques.
- Celles, , vis-à-vis desquelles cette protection n'est que partielle.
Dans ce cas, une justification est apportée sur la base d'une analyse probabiliste et/ou d'une analyse des conséquences des défaillances de matériels induites par l'agression, en regard des objectifs de conséquences radiologiques.

Spécificités relatives aux agressions externes d'origine climatique :

Compte tenu des incertitudes relatives à l'évaluation des paramètres climatiques à couvrir sur la durée de vie du réacteur, la conception initiale du réacteur EPR permet d'envisager des facilités d'adaptation, au cours de son exploitation, à d'éventuelles évolutions du climat qui se révéleraient plus importantes que celles prévues à l'origine. Elles sont de trois types :

- prise en compte de marges supplémentaires à la conception vis-à-vis des cas de charge retenus,
- faisabilité de modifications de l'installation,
- acceptabilité d'évolution de l'exploitation.

1. En règle générale un bon moyen pour déterminer les dispositions à mettre en place contre les agressions externes est de définir des cas de charge et de préciser le périmètre des cibles de sûreté à considérer. Une méthode appropriée est définie pour chaque agression externe en vue de déterminer les chargements ainsi que les structures, systèmes et équipements qui doivent résister à ces chargements ; de plus pour certaines agressions externes cette approche est complétée par une approche événementielle incluant, si nécessaire des analyses fonctionnelles pour évaluer les dépendances entre agressions externes et agressions ou événements internes.

3. AGRESSIONS EXTERNES PRISES EN COMPTE POUR LA CONCEPTION

La liste des agressions externes précisées dans les Directives Techniques (F.2.1) et dans la prescription technique INB 167-5 pour Flamanville 3 et dans l'arrêté INB est rappelée en section 3.3.0.

Pour les agressions externes dépendant du site, les Directives Techniques (A.2.5) précisent qu' « il n'est pas nécessaire de tenir compte de toutes les agressions dans une démarche standardisée ; les agressions externes telles que les inondations externes, la sécheresse, la formation de glace et les gaz toxiques, corrosifs ou combustibles peuvent être traitées uniquement pour une tranche particulière selon le site ».

Les agressions externes sont regroupées, dans le Rapport de Sûreté, sous les rubriques 3.3. i suivantes (expression des exigences dans les sections de type 3.3.i.0, identification des bases de conception dans les sections de type 3.3.i.1, analyse de sûreté dans les sections de type 3.3.i.2).

- Séisme (section 3.3.2),
- Chute d'avion (section 3.3.3),
- Risques industriels et voies de communications – Explosion externe (section 3.3.4),
- Inondation externe (section 3.3.5),
- Conditions climatiques extrêmes (section 3.3.6),
- Foudre et interférences électromagnétiques (section 3.3.7),
- Agressions spécifiques à la source froide (section 3.3.8),
- Conséquences radiologiques des agressions d'origine externe (section 3.3.9).

SOMMAIRE

.3.3.2 PROTECTION CONTRE LES SÉISMES	4
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	4
0.1. OBJECTIF DE LA PROTECTION CONTRE LES SÉISMES	4
0.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ CONCERNANT LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL, LES MATÉRIELS MÉCANIQUES ET LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES	4
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES - NORMES	5
1. BASES DE CONCEPTION	5
1.1. MOUVEMENTS SISMIQUES DE DIMENSIONNEMENT	5
1.2. RÈGLES DE COMBINAISONS DE CHARGEMENTS	7
1.3. CUMULS D'AGRESSIONS ET EFFETS INDUITS	7
1.4. RÈGLES ET MÉTHODES RETENUES POUR L'ANALYSE DYNAMIQUE DES BÂTIMENTS SC1	8
1.4.1. BÂTIMENTS SC1 À ANALYSER	8
1.4.2. MÉTHODE D'ANALYSE DE L'INTERACTION SOL / STRUCTURE	9
1.4.3. MODÉLISATION DES BÂTIMENTS	9
1.4.4. CALCUL DES SPECTRES DE PLANCHER ET DES EFFORTS DANS LES STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL	10
1.5. RÈGLES ET MÉTHODES APPLIQUÉES POUR LA STATION DE POMPAGE	10
1.6. RÈGLES ET MÉTHODES APPLIQUÉES À L'ANALYSE DYNAMIQUE DES MATÉRIELS ET DES STRUCTURES INTERNES DE CUVE	11
1.6.1. MÉTHODES D'ANALYSE SISMIQUE	11
1.6.2. PROCÉDURE UTILISÉE POUR MODÉLISER LES MATÉRIELS	11
1.6.3. ANALYSE SISMIQUE DES STRUCTURES INTERNES DE CUVE	13
1.6.4. UTILISATION DE LA MÉTHODE STATIQUE ÉQUIVALENTE	13
1.6.5. PRISE EN COMPTE DES TROIS COMPOSANTES DU MOUVEMENT SISMIQUE	13
1.6.6. COMBINAISON DES RÉPONSES MODALES	13
1.6.7. ÉQUIPEMENTS ET COMPOSANTS MULTI-SUPPORTÉS	13

1.7. SÉISME D'INSPECTION ET INSTRUMENTATION SISMIQUE . . .	13
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	15
2.1. COHÉRENCE DES HYPOTHÈSES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DES CONDITIONS DU SITE	15
2.1.1. MOUVEMENTS SISMIQUES DE DIMENSIONNEMENT	15
2.1.2. DÉTERMINATION DES SOLLICITATIONS SISMIQUES RETENUES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL	16
2.1.3. DÉTERMINATION DES SOLLICITATIONS SISMIQUES RETENUES POUR LE DIMENSIONNEMENT ET LA QUALIFICATION DES MATÉRIELS CLASSÉS SISMIQUES	16
2.2. VÉRIFICATION DE LA CONCEPTION DE LA TRANCHE : DÉMARCHE « SÉISME ÉVÉNEMENT »	16
2.2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	17
2.2.2. ANALYSE PAR BÂTIMENT	20
2.2.3. PRESCRIPTION INB 167-36 - VISITES SUR LE TERRAIN	30
2.3. VÉRIFICATION DES MARGES SISMIQUES	30
2.4. DÉMONSTRATION DU CARACTÈRE PRATIQUÉMENT ÉLIMINÉ DU RISQUE DE FUSION DU COMBUSTIBLE EN PISCINE BK INDUIT PAR UN SÉISME	31
LISTE DE REFERENCES	32



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.2

PAGE 3/34

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-3.3.2.1 SPECTRES DE SOL DE DIMENSIONNEMENT EUR

(HORIZONTAL, AMORTISSEMENT DE 5%) 33

FIG-3.3.2.2 DÉMARCHE EN CAS DE SÉISME RESENTIET/OU MESURE

SUR L'INSTALLATION 34

.3.3.2 PROTECTION CONTRE LES SÉISMES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Le séisme est une agression externe d'origine naturelle. Elle doit être prise en compte dans la conception et le dimensionnement des centrales électriques nucléaires.

Le risque identifié est celui de l'indisponibilité des matériels nécessaires au retour à un état d'arrêt sûr et à son maintien, en tenant compte de leur capacité de résistance spécifique, de celle des matériels adjacents et des agressions internes susceptibles d'être induites par le séisme.

0.1. OBJECTIF DE LA PROTECTION CONTRE LES SÉISMES

Après un séisme, l'objectif de la protection est de garantir que les fonctions de sûreté des systèmes et des matériels nécessaires au retour de la tranche à un état d'arrêt sûr et à son maintien ne sont pas affectées de manière inacceptable.

0.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ CONCERNANT LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL, LES MATÉRIELS MÉCANIQUES ET LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

Les matériels mécaniques, les systèmes électriques et les ouvrages de génie civil nécessaires pour atteindre les objectifs de sûreté doivent faire l'objet d'un classement sismique. Les règles de classement sismique (SC1 et SC2) sont définies au sous-chapitre 3.2.

Ces ouvrages, matériels et systèmes doivent être conçus de façon à remplir leurs fonctions, à maintenir leur intégrité ou à rester stable, sous les charges induites par les mouvements sismiques à prendre en compte pour le dimensionnement des installations définis selon la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01, avec les marges suffisantes pour satisfaire l'objectif probabiliste global de l'EPR rappelé au sous-chapitre 18.0.

Les exigences associées aux matériels peuvent être de différents types :

- Stabilité : la stabilité d'un composant est sa capacité à résister aux charges qui ont tendance à modifier sa position ou son orientation (par exemple, qui ont tendance à le faire basculer, tomber, glisser de manière inacceptable ou à entraîner une rupture de certaines parties). La stabilité d'un composant requiert la stabilité et la résistance de ses supports.
- Intégrité : l'intégrité est la capacité de l'enceinte sous pression d'un composant à résister aux charges spécifiées.
- Capacité fonctionnelle : capacité de l'enceinte sous pression d'un composant à résister aux charges spécifiées avec une déformation limitée, de manière à ce que la fonction du composant ne soit pas altérée par une réduction possible du débit.
- Opérabilité : capacité d'un système ou d'une partie de système (par exemple, un composant ou un sous-système), y compris ses auxiliaires nécessaires, ses supports et ses alimentations électriques, à réaliser ses fonctions de manière à répondre aux objectifs de sûreté.

Les exigences associées aux structures de génie civil sont définies, pour les différentes combinaisons de sollicitations prises en compte dont celles faisant intervenir le séisme, à la section 3.5.0. Elles se déduisent d'exigences de comportement générales qui peuvent être :

- la stabilité d'ensemble : exigences de comportement attribuées au système principal de contreventement qui a pour objectif le non-effondrement d'un ouvrage de génie civil.
- la stabilité locale : exigences de comportement qui s'expriment en équilibre statique, en résistance mécanique et en stabilité de forme.

- le supportage des matériels : exigences de comportement qui expriment le fait que l'état de l'élément structural supportant des matériels est compatible avec le respect des exigences attribuées à ces matériels.
- la participation au confinement : le confinement est une fonction qui a pour objectif de limiter le rejet des matières dangereuses vers l'environnement. Pour les ouvrages de génie civil qui participent à son maintien, il se traduit par des exigences d'étanchéité.
- l'absence d'interaction : exigence de comportement qui a pour objectif d'éviter, sous séisme, le choc entre des composants de l'installation (ouvrages, élément, matériels) proches les uns des autres. Elle se traduit par une limitation des déplacements de ces composants en fonction de leur distance de séparation les uns vis-à-vis des autres.

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES - NORMES

Tous les textes réglementaires, les règles fondamentales de sûreté, les codes et normes applicables sont identifiés au sous-chapitre 1.7. Toutes les directives techniques sont identifiées au sous-chapitre 1.6.

Concernant les séismes :

- les prescriptions à caractère technique arrêtées le cas échéant par l'ASN pour l'application du Décret d'Autorisation de Création de l'installation, lorsqu'elles définissent les mouvements à prendre en compte pour le dimensionnement sont applicables.
- les Règles Fondamentales de Sûreté 2001-01 (mouvement sismique), I.3. b (instrumentation sismique), I.3.c (études géologiques et géotechniques du site) sont applicables. La RFS numéro V.2.g n'est pas applicable à l'EPR, remplacée par le Guide ASN 02-01.
- les Directives Techniques § A.2.5, F2.1, F2.2.1 sont applicables.

En fonction du classement sismique des bâtiments et des matériels, les principaux codes utilisés sont ETC-C, RCC-M, RCC-E, et les règles PS 92 (règles françaises de construction parasismique) (voir sous-chapitre 1.6).

1. BASES DE CONCEPTION

Les bases de conception de la protection contre les séismes s'articulent autour :

- de la détermination des mouvements sismiques de dimensionnement, dont les hypothèses sont données au [§ 1.1.](#),
- du dimensionnement de type « cas de charge » des Systèmes, Structures et Composants (SSC) faisant l'objet d'un classement sismique (SC1 ou SC2), dont les règles sont définies au sous-chapitre 3.2. Des règles de combinaisons de chargements sont données au [§ 1.2.](#) Des hypothèses et des méthodes pour l'analyse dynamique des bâtiments SC1, de la station de pompage et des matériels et structures internes de cuve sont présentées respectivement aux [§ 1.4.](#), [§ 1.5.](#) et [§ 1.6.](#),
- d'une démarche événementielle d'identification et d'analyse des équipements et ouvrages, qui en cas de séisme, doivent protéger ou peuvent avoir un impact inadmissible sur les équipements de classe sismique 1 (voir sous-chapitre 3.2), conformément aux Directives techniques §A.2.5, F2.1, F2.2.1. Cette démarche, « séisme événement », est décrite au [§ 2.2.](#) Les cumuls plausibles d'agressions avec le séisme sont rappelés au [§ 1.3.](#)
- de la mise en oeuvre d'une démarche de repli en cas de séisme, décrite au [§ 1.7.](#).

1.1. MOUVEMENTS SISMIQUES DE DIMENSIONNEMENT

Des Spectres De Dimensionnement (SDD) sont utilisés pour le dimensionnement des matériels et ouvrages classés sismiques par découplage à la conception.

Sous ce nom générique de SDD, différents paramètres sismiques (spectre, niveau et caractéristiques du sol) sont définis, représentant chacune des composantes horizontales du Séisme de Dimensionnement. Conformément à la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01, le mouvement vertical associé au Spectre de Dimensionnement correspond aux 2/3 du mouvement horizontal.

Ces spectres de dimensionnement ont été retenus afin d'être enveloppes du niveau de sûreté de l'agression séisme, le Séisme Majoré de Sécurité (SMS), issue de la déclinaison de la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01 (voir chapitre I.2.5) ainsi que du spectre issu de la Prescription Technique INB 167-34 (voir [§ 0.3.](#)).

Le dimensionnement et la qualification des matériels classés sismiques de la partie standard de la tranche prennent en compte un ensemble de conditions standards : les jeux de spectres de dimensionnement EUR ([FIG-3.3.2.1](#)) calés à 0,25 g en horizontal, associés à six conditions de sol standard (SA, MA, MB, MC, HA, HF), présentées ci-dessous.

		Sol mou SA	Sol moyen MA	Sol moyen MB	Sol moyen MC	Sol dur HA	Sol dur HF
Module de cisaillement	MN/ m ²	□	□	□	□	□	□ □
Masse volumique	t/m ³	□	□	□	□	□	□
Coefficient de Poisson	-	□	□	□	□	□	□ □
Amortissement matériau	%	□	□	□	□	□	□

Les conditions de sol SA, MA, MB, MC et HA correspondent à des sols homogènes. La condition de sol HF correspond à une stratigraphie représentative de la stratigraphie de Flamanville, et caractérisée par :

- une première couche de □ m d'épaisseur au-dessous du niveau de la fondation, de module de cisaillement □ MN/m² et de coefficient de Poisson □.
- une deuxième couche d'épaisseur supérieure à □ m de module de cisaillement □ MN/m² et de coefficient de Poisson □.

Les modules de cisaillement associés à ces deux couches de sol correspondent à □ fois les valeurs des modules de cisaillement des matériaux constituant le sol de Flamanville.

Ces paramètres ont été choisis pour couvrir les conditions de sol de différents sites potentiels d'un EPR en France, dont le site de Flamanville et Penly.

Le dimensionnement et la qualification des matériels classés sismiques considérés non standards (ou site) prennent en compte uniquement les conditions de sol correspondant au site de Flamanville. A ce titre, les vérifications relatives à l'influence des phénomènes de vibrations des planchers ont été réalisées en fonction des caractéristiques spécifiques du sol du site et des spectres EUR correspondants.

Les matériels de site classés sismiques sont dimensionnés a minima sur la base du spectre EUR sol dur calé à 0.2 g en horizontal (SDD site).

Pour le site de Flamanville, deux niveaux sont utilisés pour les ouvrages classés sismiques :

- le Spectre de Dimensionnement des ouvrages de génie civil standard est le spectre EUR sol dur calé à 0,25 g en horizontal, associé à la condition de sol propre au site.
- le Spectre de Dimensionnement des ouvrages de site correspondant au spectre EUR sol dur calé à 0,20 g en horizontal, associé à la condition de sol propre au site.

Le dimensionnement des bâtiments non classés sismiques est cohérent avec la réglementation applicable aux bâtiments non nucléaires, c'est-à-dire les Eurocodes.

1.2. RÈGLES DE COMBINAISONS DE CHARGEMENTS

Sans que cela soit motivé par un lien de dépendance éventuel entre Séisme et PCC, certaines combinaisons conventionnelles sont adoptées au titre de la défense en profondeur pour le dimensionnement et / ou la qualification de certaines structures ou certains équipements, en cohérence avec les Directives Techniques :

- La combinaison des sollicitations résultant du spectre de dimensionnement avec celles résultant d'un APRP (rupture guillotine de la ligne d'expansion du pressuriseur) est prise en compte pour le dimensionnement de l'enveloppe interne, des structures internes du bâtiment réacteur, des internes de cuves.
- La combinaison des sollicitations résultant du spectre de dimensionnement avec celles résultant de PCC-2 à 4 est prise en compte dans le dimensionnement des matériels de classe sismique 1, y compris pour les PCC-2 à 4 dont l'initiateur ne correspond pas à la défaillance de matériels non classés sismiques. Les critères associés aux PCC-4 sont associés à cette combinaison, pourtant improbable. Ces derniers garantissent notamment, de manière conservatrice, la capacité des matériels à résister au séisme dans la phase à long terme d'un accident.
- Des combinaisons particulières sont retenues pour le dimensionnement des ESPN (voir sous-chapitre 3.6).
- La séquence de qualification aux conditions accidentelles des matériels de classe sismique 1 (définie au sous-chapitre 3.7) comprend une phase d'essai sismique (éventuellement remplacée par une analyse), combinée aux phases d'irradiation et d'accident thermodynamique.

Par ailleurs, un certain nombre de paramètres météorologiques pertinents, sont intégrés pour le dimensionnement sismique des structures de génie civil et des matériels :

- le vent (pour les structures métalliques uniquement) : la combinaison des sollicitations résultant du spectre de dimensionnement et des sollicitations résultant du vent (SDD + 0,2 vent maximal défini à la section 3.3.6) est prise en compte pour le dimensionnement des structures métalliques soumises au vent et au séisme.
- la neige (pour les structures métalliques uniquement) : la combinaison des sollicitations résultant du spectre de dimensionnement et des sollicitations résultant de la neige (SDD + 0,2 neige maximale définie à la section 3.3.6) est prise en compte pour le dimensionnement des bâtiments métalliques classés de sûreté.
- les températures extérieures (dans les limites des valeurs hautes et basses de dimensionnement).
- la présence de la nappe phréatique.

1.3. CUMULS D'AGRESSIONS ET EFFETS INDUITS

En complément du dimensionnement de type « cas de charge », il est mené une démarche événementielle d'identification et d'analyse des équipements et ouvrages, qui en cas de séisme, doivent protéger ou peuvent avoir un impact inadmissible sur les équipements de classe sismique 1 (voir sous-section 3.2), conformément aux Directives techniques §A.2.5, F2.1, F2.2.1. Cette démarche, « séisme événement », est décrite au [§ 2.2.](#)

La prise en compte de l'inondation suite aux défaillances induites par un séisme sur des équipements non sismiques situés sur la plate-forme est décrite à la section 3.3.5 relative à l'inondation externe.

Le cumul Séisme de Dimensionnement + incendie indépendant est considéré au plus tôt 2 semaines après le séisme (voir section 3.4.7).

Le cumul séisme avec collision ou chute de charge n'est pas considéré. Toutefois, les appareils de manutention classés Haute Sécurité pour raisons de sûreté sont dimensionnés en charge et à vide aux sollicitations résultant des Spectres de Dimensionnement standard ou site (voir § 1.1.), ce qui permet d'exclure la chute de charge en cas de séisme de dimensionnement.

1.4. RÈGLES ET MÉTHODES RETENUES POUR L'ANALYSE DYNAMIQUE DES BÂTIMENTS SC1

Plusieurs analyses dynamiques sont réalisées :

- D'une part, la réponse sismique de chaque bâtiment standard est calculée pour chaque jeu d'hypothèses standards (chacune des six conditions de sol et le spectre EUR 0,25g associé). ces analyses fournissent les spectres de plancher pour le dimensionnement et/ou la qualification des matériels classés sismiques de la partie standard de l'installation.
- D'autre part, la réponse sismique de chaque bâtiment est calculée pour les conditions de sol du site associées au spectre EUR correspondant calé à :
 - 0,25 g pour les ouvrages standards,
 - le niveau adapté compte tenu de la sismicité du site pour les ouvrages de site.

Ces analyses fournissent les sollicitations sismiques pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil et des matériels non standards (ou site).

1.4.1. BÂTIMENTS SC1 À ANALYSER

La liste des bâtiments classés SC1 est établie en application des règles de classement définies au sous-chapitre 3.2. Le sous-chapitre 3.5 présente des dispositions générales prises pour le dimensionnement de ces ouvrages.

Le bâtiment réacteur est une structure cylindrique constituée de béton armé et de béton précontraint. quatre bâtiments rectangulaires en béton armé sont contigus au bâtiment réacteur (bâtiments de sauvegarde et combustible), formant une croix dont le centre est le bâtiment réacteur.

Tous ces bâtiments sont fondés sur un radier commun d'épaisseur variable. Ils sont désignés par le terme "bâtiments sur radier commun".

Les structures suivantes de l'EPR sont donc analysées ensemble :

- Structures internes des bâtiments électriques et auxiliaires de sauvegarde divisions 1 à 4,
- Structures internes du bâtiment combustible,
- Structures internes du bâtiment réacteur,
- Enceinte interne du bâtiment réacteur,
- Enceinte externe du bâtiment réacteur,
- □

D'autres analyses dynamiques sont réalisées pour la Station de Pompage, le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et les Bâtiments des Diesels, le Bâtiment de Traitement des Effluents, l'Ouvrage de Rejet, les Galeries de liaison Diesels-BAS div 1 à 4 □ et les Galeries de liaisons BAS-SdP □.

1.4.2. MÉTHODE D'ANALYSE DE L'INTERACTION SOL / STRUCTURE

Pour les calculs dynamiques, le comportement dynamique du milieu semi-infini que constitue le sol est représenté en utilisant des valeurs de ressorts et d'amortissement de sol.

Les raideurs complexes (fonctions d'impédance) sont évaluées et, pour cela, les matrices d'impédance aux points nodaux communs à la structure et au sol sont calculées pour les différentes conditions de sol. Ces fonctions sont utilisées pour définir les ressorts et amortissements qui sont calés par rapport aux fréquences globales du système sol-structure.

Pour l'analyse dynamique visant à fournir les spectres de planchers pour le dimensionnement et/ou la qualification des matériels de la partie standard de l'installation, les six conditions standard de sol sont prises en compte. Hormis pour la condition de sol HF, le sol est modélisé par un demi-espace homogène.

Pour l'analyse dynamique visant à fournir les spectres de planchers pour le dimensionnement des ouvrages de site, les conditions de sol spécifiques de site sont prises en compte ainsi que sa stratigraphie. Une plage de variation, entre α et β des modules de cisaillement de sol est prise en compte.

Le calcul des fonctions d'impédance est réalisé selon les hypothèses suivantes :

- Le radier est considéré comme rigide (procédure commune pour l'analyse de l'impédance).
- Les impédances qui sont des fonctions complexes dépendant de la fréquence sont calculées pour les 6 degrés de liberté du radier rigide considéré sans masse. Les parties réelles de ces fonctions représentent la raideur dépendant de la fréquence, et les parties imaginaires, la valeur d'amortissement dans le système sol-fondation.
- Les raideurs globales de la fondation sont réparties sous le radier au prorata de la surface des éléments correspondants. Cette répartition est réalisée de manière à ce que les forces globales et les déplacements au niveau du sol du radier soient cohérents avec la raideur globale pour chacun des 6 degrés de liberté.
- Le sol est considéré homogène, le terme correspondant à l'amortissement radiatif est pondéré par un coefficient γ .
- Au final, la valeur d'amortissement modal réduit est écrêtée à δ %.

1.4.3. MODÉLISATION DES BÂTIMENTS

1.4.3.1. DESCRIPTION DES STRUCTURES ANALYSÉES

Le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires, le Bâtiment Tour d'Accès et les Bâtiments Diesels sont représentés sous forme de modèles α .

L'analyse dynamique est réalisée à l'aide de logiciels adaptés au type de calcul effectué α .

Les bâtiments sur radier commun de l'îlot nucléaire EPR sont représentés par un modèle α .

La rigidité de chaque élément de la structure est représentée de manière réaliste α . Les éléments surfaciques 2D prennent en compte les efforts de flexion et les contraintes de membrane.

Le modèle sert de base pour les analyses dynamiques.

Le modèle est composé de plusieurs sous-structures :

- L'enceinte interne : structure en béton précontraint d'épaisseur variable, recouverte côté intérieur d'une peau d'étanchéité métallique.
- L'enceinte externe : structure en béton armé d'épaisseur variable.
- α

- Les tours : structures en béton armé reliées à l'enceinte externe. Ces tours sont également reliées aux parois externes des divisions adjacentes.
- Les structures internes du BR : structures en béton armé, principalement composées de la structure primaire (puits de cuve), de la structure secondaire (paroi cylindrique avec murs et planchers intermédiaires) et de la piscine du réacteur (cavité réacteur et compartiment de stockage). Les structures internes reposent sur le radier de l'enceinte du réacteur via un épais radier en béton.
- Le bâtiment combustible : structure en béton armé; les principaux planchers et parois verticales sont modélisés. Les structures internes du bâtiment combustible sont déconnectées des voiles externes □
- Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 2 et 3 : structures en béton armé; les principaux planchers et parois verticales sont modélisés. Les structures internes des bâtiments de sauvegarde 2 et 3 sont déconnectées des voiles externes □.
- Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde 1 et 4 : structures en béton armé; les principaux planchers et parois verticales sont modélisés. Tous les planchers sont reliés à la paroi de l'enceinte externe.

Toutes ces structures sont connectées à un radier commun modélisé par des éléments finis d'épaisseur variable.

Afin de représenter l'épaisseur du radier, □.

Toutes les structures sont faites de béton armé, excepté la paroi de l'enceinte interne du bâtiment réacteur, composée d'une coque cylindrique de béton précontraint surmontée d'un dôme.

1.4.3.2. PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX

Les propriétés suivantes des matériaux sont prises en compte pour les structures en béton armé et précontraint, conformément à l'ETC-C.

□

1.4.4. CALCUL DES SPECTRES DE PLANCHER ET DES EFFORTS DANS LES STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL

Les spectres de plancher sont calculés pour les deux directions horizontales et la direction verticale, pour chaque condition de sol, en utilisant la □.

Les spectres de réponse sont calculés séparément pour les différents niveaux des bâtiments et groupés par zones spécifiques. Les spectres sont enveloppés et lissés.

Les spectres de plancher sont présentés pour une large plage de valeurs d'amortissement utiles à l'analyse sismique des matériels □.

Les spectres de plancher sont utilisés pour le dimensionnement et/ou la qualification des matériels des bâtiments considérés.

Les accélérations de corps rigide du spectre de plancher, correspondant aux conditions de sol de site, sont utilisées pour des analyses structurelles quasi-statiques plus approfondies des bâtiments.

1.5. RÈGLES ET MÉTHODES APPLIQUÉES POUR LA STATION DE POMPAGE

La station de pompage est décrite à la section 3.5.4.

La station de pompage est un ouvrage de site. Elle est de classe sismique 1 (SC1), en application des principes généraux de classement (voir sous-chapitre 3.2).

Les spectres de sol pris en compte sont les spectres EUR correspondant aux conditions de sol du site et calés en accélération à un niveau adapté compte tenu de la sismicité du site, en application des principes généraux énoncés au § 1.1.

Les phénomènes d'interactions sol-structure sont pris en compte. L'interaction entre la structure et le sol est prise en compte via une modélisation 3D du sol et de la structure, intégrant toutes les couches du sol, jusqu'au rocher ainsi que le remblai.

1.6. RÈGLES ET MÉTHODES APPLIQUÉES À L'ANALYSE DYNAMIQUE DES MATÉRIELS ET DES STRUCTURES INTERNES DE CUVE

1.6.1. MÉTHODES D'ANALYSE SISMIQUE

Plusieurs méthodes d'analyse sismique peuvent être mises en œuvre. Elles sont décrites ci-après. Les méthodes les plus généralement utilisées sont des méthodes modales (spectrales ou temporelles), éventuellement la méthode statique équivalente.

1.6.1.1. SOUS-SYSTÈMES AUTRES QUE LES BOUCLES PRIMAIRES

L'analyse des systèmes et des matériels de classe sismique 1 est réalisée, quand cela est applicable, par la méthode spectrale, qui s'appuie sur la décomposition du système en modes propres et la résolution par projection sur base modale.

Les spectres de plancher, issus de l'analyse dynamique du bâtiment, sont pris en compte. Les valeurs d'accélération sont sélectionnées pour chaque mode sur la base de sa fréquence propre et du taux d'amortissement associé.

Trois analyses distinctes (indépendantes) sont réalisées pour deux directions horizontales et une verticale. Les résultats obtenus pour chaque direction sont ensuite combinés en utilisant une méthode appropriée [1].

Une description détaillée des analyses dynamiques est fournie au sous-chapitre 3.6.

L'analyse dynamique des différents systèmes et composants s'appuie sur [1]. Bien que la capacité des ordinateurs et des codes de calcul autorisent aujourd'hui des modélisations très détaillées des différents composants mécaniques, la complexité des modèles détaillés doit être adaptée au domaine de validation des codes.

[1] Le dimensionnement de l'équipement est déterminé de telle sorte que les contraintes n'excèdent pas les valeurs autorisées définies dans les codes applicables (voir sous-chapitre 1.6).

1.6.1.2. BOUCLES PRIMAIRES

La réponse des boucles primaires est déterminée en utilisant soit la méthode spectrale, soit la méthode temporelle.

L'analyse modale spectrale prend comme donnée d'entrée le jeu des spectres de plancher correspondants aux points d'ancrage du système primaire principal. L'analyse temporelle prend comme donnée d'entrée les accélérogrammes, aux points d'ancrage du système primaire principal issus de l'analyse dynamique du bâtiment.

Pour le réacteur EPR de Flamanville, la méthode [1] est utilisée pour les analyses du circuit primaire.

1.6.2. PROCÉDURE UTILISÉE POUR MODÉLISER LES MATÉRIELS

1.6.2.1. GÉNÉRALITÉS

Les matériels de classe sismique 1 font l'objet d'une modélisation aux éléments finis, sur la base des principes suivants : Les principes de modélisation doivent permettre de rendre compte de l'ensemble des modes propres ayant une contribution significative à la réponse sismique. par défaut, l'ensemble

des modes situés dans la plage amplifiée du spectre de plancher représentatif du chargement sismique appliqué à l'équipement doit être pris en compte.

1.6.2.2. CAS PARTICULIER DES BOUCLES PRIMAIRES

L'analyse des boucles primaires est présentée dans la section 3.6.1.3.

L'analyse est réalisée en utilisant la méthode []

[]

Principales hypothèses

Le modèle utilisé est composé des quatre boucles primaires, de la cuve du réacteur, de la ligne d'expansion du pressuriseur et du pressuriseur. Ceci permet de prendre en compte le couplage dynamique éventuel (translation et rotation) des quatre boucles et de la cuve de réacteur sur ses supports.

La ligne d'eau alimentaire n'est pas prise en compte dans le modèle : sa flexibilité élevée et sa faible masse ont un effet négligeable sur la fréquence naturelle du système.

[]

La structure en elle-même (hormis les jeux et les raideurs en traction/compression) reste linéaire sous chargement sismique. Les supports sont conçus pour rester élastiques sous des charges maximales résultant du séisme de dimensionnement.

Les tiges d'ancrage sont précontraintes à une valeur qui tient compte de la charge maximale du Séisme de Dimensionnement et du cas pénalisant de rupture de tuyauterie (les précontraintes ne sont pas prises en compte dans la partie dynamique du modèle).

Modèle

Le modèle comprend les éléments suivants : la cuve du réacteur, les quatre boucles primaires, le pressuriseur et la ligne d'expansion du pressuriseur. Chaque boucle comprend, dans la direction d'écoulement : une branche chaude, un générateur de vapeur et sa ligne vapeur, une branche en U, une pompe primaire et une branche froide. La modélisation du système primaire principal est basée sur la []. Le modèle tridimensionnel (3-D) est composé de branches de tuyauteries droites []

La géométrie, les propriétés physiques et les matériaux associés à ces éléments sont représentatifs des caractéristiques de masse, d'inertie et de rigidité de l'équipement décrit.

Les jeux sont pris en compte lors du calcul par l'intermédiaire de ressorts à jeux.

Paramètres de calcul

Les calculs sismiques des boucles primaires sont réalisés à partir de [] jeux d'accélérogrammes en considérant [] issus de l'analyse dynamique du bâtiment.

L'analyse sismique du circuit primaire principal prend en compte un amortissement de [] catégorie.

Procédure de calcul

[]

Comme les déplacements de chacun des points dans la structure sont connus, les charges associées à chaque mode de vibration peuvent être calculées immédiatement à l'aide de la matrice de rigidité.

1.6.3. ANALYSE SISMIQUE DES STRUCTURES INTERNES DE CUVE

Les structures internes de la cuve sont étudiées par [1]. Les excitations sismiques appropriées sont utilisées et appliquées à la représentation modale du système. Pour cette représentation, les structures internes de cuve, la cuve du réacteur et les assemblages combustibles sont modélisés [1]. Le résultat de cette analyse est ensuite combiné aux autres chargements pour le dimensionnement mécanique de chaque composant sur la base du RCC-M (voir sous-chapitre 1.6).

Le calcul dynamique de la cuve et de ses structures internes fournit également, sous forme temporelle, les mouvements nécessaires pour l'analyse des éléments combustibles ou les mécanismes de commande des grappes.

L'analyse des structures internes de cuve est présentée dans la section 3.6.1.3.

1.6.4. UTILISATION DE LA MÉTHODE STATIQUE ÉQUIVALENTE

Cette méthode constitue une simplification de la méthode spectrale. Pour chaque direction de séisme, la réponse de la structure est calculée en appliquant une accélération statique uniforme [1].

[1]

Les règles de cumuls entre les différentes directions de séisme sont identiques à celles retenues pour la méthode spectrale.

1.6.5. PRISE EN COMPTE DES TROIS COMPOSANTES DU MOUVEMENT SISMIQUE

La réponse est calculée pour chacune des trois directions de séisme (deux horizontales et une verticale). Les résultats obtenus dans chaque direction sont combinés selon la méthode de [1].

Pour les composants de la chaudière, la méthode pour combiner les charges des trois analyses se fondera sur les trois principes fondamentaux suivants :

[1]

Pour mettre en œuvre les principes susmentionnés, les trois composants de translation d'excitation sismique sont statistiquement combinés selon une méthode appropriée [1].

1.6.6. COMBINAISON DES RÉPONSES MODALES

Lorsque la méthode spectrale est utilisée, toutes les réponses modales comme les déplacements, les contraintes, les moments et/ou les accélérations, sont combinées à l'aide d'une méthode appropriée permettant, le cas échéant, de tenir compte des modes proches en fréquence.

1.6.7. ÉQUIPEMENTS ET COMPOSANTS MULTI-SUPPORTÉS

L'analyse sismique des équipements multi-supportés doit tenir compte :

- des différents spectres de planchers correspondant aux différents niveaux d'ancrage de l'équipement,
- des déplacements différentiels entre ces différents niveaux d'ancrages.

1.7. SÉISME D'INSPECTION ET INSTRUMENTATION SISMIQUE

Un séisme d'inspection est défini. Il représente le niveau de séisme en dessous duquel, s'il survient, aucune vérification ou inspection spécifiques des composants classés de sûreté n'est nécessaire avant de ramener ou de maintenir la tranche en fonctionnement normal. Ce séisme d'inspection correspond à une accélération horizontale maximale en champ libre de 0,05 g.

La Règle Fondamentale de sûreté RFSI.3. b stipule qu'en cas de dépassement du niveau d'accélération correspondant au demi-spectre de dimensionnement (DSD) adapté au site sur l'une quelconque des mesures sur accéléromètres, l'exploitant devra immédiatement rejoindre l'état de repli considéré, pour chaque tranche, comme le plus sûr. Ce demi-spectre de dimensionnement adapté au site correspond au spectre EUR sol du calé à 0,10 g en horizontal.

La tranche de Flamanville 3 considère le séisme d'inspection comme seuil de repli, au dessus duquel la tranche prend la décision de se mettre en état de repli. Ainsi, la Règle Fondamentale de sûreté RFS I.3.b est respectée avec un seuil de repli calé sur le séisme d'inspection, de niveau inférieur à celui du demi-spectre de dimensionnement.

Pour collecter les données nécessaires à l'application de la règle de conduite, une instrumentation sismique conforme à la Règle Fondamentale de sûreté RFS I.3.b est installée.

Le site de Flamanville est composé de trois tranches nucléaires :

- tranches 1 et 2 du palier REP 1300 MWe,
- tranche 3 du palier EPR.

Les tranches 1 et 2 ont leur propre système d'instrumentation sismique (système EAU). Leur exploitation diffère de celle de la tranche 3 (système KRA) qui est entièrement indépendante.




En cas de détection d'un séisme, les trois tranches communiquent entre elles par téléphone pour échanger les informations sur le séisme perçu et sur l'orientation générale des actions décidées à la suite des diagnostics.

En cas d'occurrence d'un séisme dont l'accélération dépasse le seuil de détection 0,01 g sur les structures, l'instrumentation sismique de la tranche 3 du site de Flamanville a pour rôle d'alerter l'exploitant et de collecter les données nécessaires à l'analyse de l'impact de l'événement, afin que les dispositions adéquates soient prises pour :

- soit mettre et maintenir la tranche 3 dans l'état de repli considéré comme le plus sûr,
- soit poursuivre l'exploitation.

Aucun automatisme d'arrêt automatique n'est associé à cette instrumentation, qui est uniquement destinée à la surveillance et à l'aide au diagnostic post-sismique.

L'instrumentation sismique comprend :

- des accéléromètres triaxiaux installés à poste fixe, trois sur les structures de génie civil, et deux en champ libre,
- des enregistreurs, dont chacun est associé à un accéléromètre triaxial, qui assurent la numérisation et la gestion des mesures sismiques des accéléromètres, établissant la liaison entre l'accéléromètre et la baie sismique,
- une armoire d'acquisition, nommée « baie sismique », permettant la visualisation, la gestion et le traitement des mesures ou données en liaison avec les enregistreurs, elle assure la synchronisation de la base de temps de tous les enregistreurs,
- trois types d'alarme en salle de commande :
 - alarme  signifiant le dépassement du seuil de détection 0,01 g par l'une quelconque mesure des accéléromètres, hormis ceux en champ libre,
 - alarme  signifiant le dépassement du seuil de séisme d'inspection par l'une quelconque mesure des accéléromètres,
 - alarme  signifiant une anomalie de fonctionnement du système d'instrumentation sismique,

L'ensemble des accéléromètres et accélérographes de pic sont disposés de telle sorte que leurs trois directions orthogonales respectives coïncident entre elles.

Le tableau ci-après présente l'emplacement des accéléromètres, accélérographes de pic et de la baie sismique.

□

En cas d'alarme d'anomalie de fonctionnement □, l'exploitant identifie et remédie à l'anomalie afin que l'instrumentation sismique soit opérationnelle.

En cas d'alarme de dépassement de seuil □, ou en cas de perception d'un séisme, ou sur alerte des tranches 1 ou 2, l'exploitant entame un premier diagnostic pour identifier le niveau sismique perçu par la tranche. Il s'appuie sur les informations issues de la baie sismique, voire sur les enregistreurs, pour établir s'il y a dépassement du niveau de séisme d'inspection afin de décider de la mise en repli de la tranche.

En cas de repli de la tranche, le diagnostic approfondi et le contrôle de l'intégrité des bâtiments et des matériels après des réparations indispensables sont menés pour récolter les éléments de justification pour le redémarrage de la tranche.

La reprise de l'exploitation de la tranche est soumise à un accord de l'autorité de sûreté.

La démarche mise en œuvre dans le cas où un séisme serait ressenti et/ou mesuré sur l'installation est illustrée en [FIG-3.3.2.2](#)

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. COHÉRENCE DES HYPOTHÈSES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DES CONDITIONS DU SITE

La présente section a pour objectif de préciser les hypothèses de dimensionnement sismique, en termes de mouvements, effectivement retenues pour les ouvrages du site de Flamanville 3 et d'une manière générale, de justifier la suffisance des hypothèses, toujours en termes de mouvements sismiques, retenues pour le dimensionnement sismique de l'installation en regard des principes généraux présentés à la section 3.3.1 et en particulier des exigences définies au paragraphe 0.

Les différentes hypothèses de conception (Spectre de Dimensionnement, conditions du sol) utilisées pour le dimensionnement des structures et des matériels sont comparées aux mouvements sismiques à prendre en compte pour le dimensionnement des installations définies dans la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01. La comparaison est réalisée directement sur le spectre de champ libre ou, si nécessaire, sur les sollicitations sismiques sur les structures et les matériels. Dans certains cas, une nouvelle analyse complète de certaines structures ou de certains matériels est nécessaire.

La cohérence des hypothèses de conception vis-à-vis des conditions du site définies dans la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01 est réalisée au sous-chapitre 2.5, notamment le paragraphe 4.

2.1.1. Mouvements sismiques de dimensionnement

L'analyse géologique du site de Flamanville 3 est présentée dans le paragraphe 2 du sous-chapitre 2.5. Cette analyse conduit, notamment, d'une part à classer le site parmi ceux dont la vitesse des ondes de cisaillement est supérieure à 800 m/s pour l'application de la RFS 2001-01, d'autre part à déterminer la stratigraphie du site. Les éléments de cette analyse ont été pris en compte pour définir la condition de sol standard HF présentée au [§ 1.](#)

L'analyse de la sismicité du site de Flamanville 3 menée en application de la RFS 2001-01 est présentée dans les paragraphes 3 et 4 du sous-chapitre 2.5. Cette analyse conclut d'une part que le site n'est pas concerné par l'application de l'annexe III de la RFS 2001-01 (failles avec rupture de surface), d'autre part que le spectre maximal SMS du site (cf. figure 2.5 FIG 13) correspond à celui d'un séisme de magnitude de 5,7 avec une distance focale de 13 km calé en accélération au sol à 0,16 g pour les mouvements horizontaux.

Ces éléments d'analyse géologique et sismique permettent de conclure au caractère largement enveloppe des mouvements sismiques pris en compte pour le dimensionnement tant des équipements que des structures de génie civil de la partie standard de l'installation (sur la base du spectre EUR sol dur ou bien des 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, selon les cas de figure — cf. figure [FIG-3.3.2.1](#)), calés à 0,25 g en horizontal.

D'autre part, le spectre retenu pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil de site classés sismiques, à savoir le spectre EUR sol dur ou bien les 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, selon les cas de figure, calés à 0,20 g en horizontal, enveloppent eux aussi le spectre du SMS du site.

2.1.2. Détermination des sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil

Ces sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil sont établies sur la base du spectre EUR sol dur ou des 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, calés, en horizontal, selon les bâtiments à 0,25 g (spectres EUR cf. figure [FIG-3.3.2.1](#)) pour les bâtiments standards (ou palier) et 0,20 g pour les bâtiments spécifiques au site.

En outre, les sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil (spectres EUR calés à 0,25 g ou résultats enveloppe des 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, calés à 0,20 g ou le spectre EUR sol dur, calé à 0,20 g selon les cas de figure) sont enveloppes ou égales à la prescription technique INB167-34.

2.1.3. Détermination des sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement et la qualification des matériels classés sismiques

Les sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement et la qualification sismique des matériels classés sismiques sont établies sur la base du spectre EUR sol dur ou des 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, calés, en horizontal, à 0,25 g (spectres EUR cf. [FIG-3.3.2.1](#)) pour les matériels considérés standards (ou palier) et 0,20 g pour les matériels non standards.

En outre, les sollicitations sismiques retenues pour le dimensionnement et la qualification sismique des matériels classés sismiques (résultats enveloppe des 3 spectres EUR sols mou, moyen et dur, calés à 0,25 g ou le spectre EUR sol dur, calé à 0,20 g selon les cas de figure) sont enveloppes ou égales à la prescription technique INB167-34.

Le bâtiment HW constitue un bâtiment standard dont les matériels ont été dimensionnés et qualifiés sur la base du spectre EUR sol dur calé à 0,25 g en horizontal (enveloppe de la prescription technique INB167-34), associé à la condition de sol propre de Flamanville.

2.2. VÉRIFICATION DE LA CONCEPTION DE LA TRANCHE : DÉMARCHE « SÉISME ÉVÈNEMENT »

Une vérification spécifique est réalisée pour chaque bâtiment classé C1. Elle a pour objectif d'identifier les matériels non classés sismiques dont la défaillance pourrait, par des effets locaux et/ou globaux avoir une incidence sur les objectifs de sûreté définis dans le paragraphe 0. Elle conduit à l'identification des structures et des matériels de classe sismique 2 en application des principes du sous-chapitre 3.2. La méthodologie mise en œuvre retient dans un premier temps l'hypothèse de simple défaillance, puis dans un deuxième temps le cas de défaillances multiples. (cf. [Réf \[2\]](#)).

La synthèse des études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement et défaillances multiples sous séisme pour les bâtiments de l'îlot nucléaire fait l'objet des [Réf \[6\]](#), [Réf \[7\]](#) et [Réf \[9\]](#).

La synthèse des études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement et défaillances multiples sous séisme pour les bâtiments de l'îlot conventionnel et du BOP fait l'objet des notes [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#).

Des dispositions particulières ont été prises par ailleurs pour certaines agressions consécutives à un séisme (voir [§ 2.2.1.3.](#)).

Le système de détection d'un séisme (KRA) est présenté dans la section 9.5.7.2.

2.2.1. Eléments de méthodologie

2.2.1.1. Démarche Séisme Événement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.1.1.1. Nature des cibles et agresseurs potentiels

Les équipements classés au séisme sont calculés au séisme mais peuvent être agressés par la chute et/ou le basculement de matériels non-classés au séisme.

Les matériels considérés comme des cibles dans les études séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont les suivants :

- Les matériels classés SC1, y compris les portes et les structures métalliques (charpentes secondaires et serrureries) ;
- Les matériels et équipements classés SC2-I au titre des études d'autres agressions internes consécutives à un séisme, notamment d'explosion interne (voir section 3.4.6) ou de défaillances multiples sous séisme ;
- Les matériels et équipements classés SC2-O au titre de la mitigation d'autres agressions internes consécutives à un séisme, notamment les études de défaillances multiples sous séisme.

Nota : Les chemins de câble supports de fonctions SC1 sont des cibles. Par principe de découplage, les chemins de câbles des bâtiments contenant des fonctions F1 sont considérés comme des cibles (SC1) dans les études. Ces chemins de câbles sont également classés à minima SC2-S.

Tout matériel non classé au séisme est considéré comme un agresseur potentiel.

Les matériels classés SC2-S, les portes classées SC2 et les structures métalliques (charpentes secondaires et serrureries) classées SC2 sont considérés comme neutres : ils ne sont ni des cibles, ni des agresseurs potentiels.

2.2.1.1.2. Modélisation du phénomène et mode de dégradation

Les analyses reposent sur le classement sismique des matériels et structures, défini au sous-chapitre 3.2.

Cette vérification est réalisée par l'identification et la localisation des cibles et des agresseurs potentiels, par la définition des couples cible/agresseur présentant un risque d'agression avéré puis le cas échéant par la mise en place de dispositions correctives.

Le séisme de dimensionnement (SDD) soumet l'agresseur potentiel à des efforts qui peuvent conduire à sa ruine soit directement, soit par la ruine de ses propres supports. L'effet résultant est la chute directe, prise en compte selon des critères réalistes, et le basculement quand la géométrie du matériel le permet. Tous les matériels non classés au séisme se trouvant au dessus d'un matériel cible sont examinés.

Dans certains cas, un agresseur léger est considéré comme ne pouvant pas ruiner une cible robuste. La définition d'un agresseur léger n'est pertinente qu'au regard du couple agresseur/cible considéré.

2.2.1.1.3. Dispositions correctives

Les dispositions valorisées dans les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont généralement :

- Modifier l'installation afin d'écartier le risque d'agression (déplacement de la cible ou de l'agresseur, modification matériel) ;
- Classer SC2-S (ou SC2 pour les portes et structures métalliques) le matériel agresseur ;

- Assurer la protection physique de la cible par une structure elle-même classée SC2 ou mettre en place un système antichute pour l'agresseur, voire un système de guide de chute ;
- Mettre en place des prescriptions d'exploitation (dispositions organisationnelles) ou des dispositions agressions ;
- Réaliser une analyse fonctionnelle justifiant l'acceptabilité de l'agression vis-à-vis des objectifs de sûreté.

Pour l'intégralité des cas d'agression avérés, une disposition corrective permet de supprimer le risque, d'écarter ou de dédouaner l'agression.

- Les résultats de ces études sont présentés en [§ 2.2.2.](#) pour chaque ouvrage classé.
- La liste des couples cible/agresseur est disponible dans la [Réf \[9\]](#).

2.2.1.2. Démarche Séisme Événement - Défaillances Multiples sous séisme

Les études de défaillances multiples sous séisme ont pour objectifs de démontrer qu'un séisme, y compris via ses effets induits et simultanés, ne conduit pas à des conséquences inacceptables pour la sûreté. Les analyses de défaillances multiples sous séisme vérifient l'absence d'agression des équipements cibles par inondation ou dégradation des conditions d'ambiance (cf. [Réf \[2\]](#)), ainsi que le maintien du confinement des matières radioactives.

2.2.1.2.1. Nature des cibles et agresseurs potentiels

Les matériels considérés comme des cibles dans les études de défaillances multiples sous séisme sont les suivants :

- Les matériels et équipements classés SC1, y compris les portes et les structures métalliques ;
- Les matériels et équipements classés SC2-O au titre de la mitigation d'agressions internes consécutives à un séisme, notamment ceux identifiées dans les études de défaillances multiples sous séisme.

Les études d'inondations induites par un séisme doivent également démontrer le maintien du confinement des matières radioactives liquides au sein des ouvrages classés C1/SC1. Selon un principe de découplage, cette exigence conduit, en première approche, à vérifier l'absence de rejet de liquide potentiellement radioactif à l'extérieur des ouvrages ou vers un ouvrage non classé C1/SC1.

On considère la rupture complète et simultanée des équipements non classés séisme ou classés SC2-S et contenant des fluides. Les systèmes considérés comme défaillants sont par conséquent les tuyauteries et équipements qui y sont connectés ainsi que les réservoirs non-classés séisme ou classés SC2-S.

Seule la défaillance de circuits dont la température est supérieure ou égale à 100°C peut conduire à des conséquences en termes de température et d'humidité (dégradation des conditions d'ambiance).

2.2.1.2.2. Modélisation du phénomène et mode de dégradation

Les analyses reposent sur le classement sismique des matériels et structures, défini au sous-chapitre 3.2.

La vérification réalisée dans le cadre des études de défaillances multiples sous séisme consiste en l'identification des équipements non classés au séisme ou classés SC2-S et contenant des fluides, l'évaluation des conséquences en terme d'inondation et de dégradation des conditions d'ambiance puis, le cas échéant, la mise en place de dispositions correctives.

Les études d'inondations induites par un séisme sont envisagées en considérant l'agression par hauteur d'eau retenue dans un local contenant des cibles. Cette hauteur d'eau est calculée sur la base de scénarios et d'hypothèses enveloppes.

L'inondation générée ne remet pas en cause l'intégrité des équipements classés SC2-I. De même, une hauteur d'eau n'est en général pas susceptible d'affecter les matériels classés SC1-I ou SC1-CF.

Toutefois, si des matériels SC1 sont situés sous la colonne d'eau calculée, une vérification de l'absence de risque de dégradation de ces matériels doit être réalisée.

Le cas échéant, les principes définis aux paragraphes 2.1.3 et 2.1.4 de la section 3.4.8 sont retenus pour la modélisation du cheminement de l'eau.

Les situations d'élévation de température et d'humidité se produisent lorsqu'au moins un équipement contenant du fluide dont la température en fonctionnement normal est supérieure ou égale à 100°C est défaillant en cas de séisme. Cette dégradation est susceptible de perturber le fonctionnement des équipements cibles présents dans les locaux où les défaillances se produisent.

2.2.1.2.3. Dispositions correctives

Les dispositions correctives mises en place sont généralement :

- Classer SC2-I les initiateurs de l'inondation ou de l'ambiance dégradée générée. Ces équipements SC2-I font alors l'objet d'une étude séisme événement simple défaillance – chute ou basculement.
- Réaliser un isolement préventif des circuits à l'origine de l'inondation afin de limiter le volume d'eau déversé. Les équipements associés sont classés F2 et SC2-O à minima. Ils font alors l'objet d'une étude séisme événement simple défaillance – chute ou basculement. Le cas échéant, l'accessibilité après séisme de ces équipements doit être vérifiée.
- Assurer l'étanchéité après séisme de certaines interfaces via la spécification de requis, par exemple au niveau des produits de calfeutrements de trémies.
- Réaliser une analyse fonctionnelle justifiant l'acceptabilité de l'agression vis-à-vis des objectifs de sûreté.

Le cas échéant, les éléments d'installation (portes, trémies...) permettant la propagation de l'inondation générée suite à un séisme sont également valorisés.

Pour l'intégralité des cas d'agression avérés, une disposition corrective permet de supprimer le risque, d'écarter ou de dédouaner l'agression.

2.2.1.3. Démarche Séisme Événement - Simple Défaillance : dispositions particulières retenues vis-à-vis de certaines agressions consécutives à un séisme

Dans le cadre de la démarche séisme événement et en complément des études « séisme événement simple défaillance – chute ou basculement » et « défaillances multiples sous séisme », des dispositions particulières sont retenues vis-à-vis de certaines agressions potentiellement consécutives à un séisme.

Explosion interne consécutive à un séisme

L'analyse associée au risque d'explosion interne consécutive à un séisme est présentée dans la section 3.4.6.

RTHE consécutive à un séisme

Les effets causés par les défaillances de composants haute énergie sont pris en compte dans la démonstration de sûreté séisme événement de la manière suivante :

- Les effets globaux (dégradation des conditions d'ambiance suite à augmentation de la température ou de l'humidité) sont considérés dans la démarche Séisme Événement - Défaillances Multiples et couverts par les études définies au § 2.2.1.2.
- Les effets locaux liés au risque de RTHE consécutive à un séisme (fouettement et effet de jet) sont considérés dans la démarche Séisme Événement - Simple Défaillance.

Ces effets locaux ne font pas l'objet d'une analyse de vérification, sur la base des éléments suivants :

- Dans les ouvrages classés contenant des fonctions F1, les tuyauteries haute énergie véhiculant un fluide eau ou vapeur sont classées SC2-I à minima. Cette exigence permet d'exclure les risques de RTHE suite à un séisme.
- Au sein de ces ouvrages, les tuyauteries véhiculant du gaz sous pression et considérées comme haute énergie sont à minima classées SC2-S lorsqu'elles sont susceptibles d'agresser des cibles. Cette exigence est suffisante pour exclure le risque de RTHE suite à un séisme. En effet, les effets mécaniques d'une RTHE (fouettement, effet de jet) se traduisent par une modification de la position ou de l'orientation de la tuyauterie. L'exigence de stabilité ou d'intégrité en cas de séisme requiert, par définition, l'absence d'effets mécaniques et par conséquent de RTHE.
- Dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires et dans le bâtiment de traitement des effluents, il n'y a pas de risque de fouettement ou d'effet de jet suite à une RTHE à proximité des quelques cibles présentes au sein de ces bâtiments.

Incendie consécutif à un séisme

Dans les ouvrages classés C1/SC1 contenant des fonctions F1, les éléments de sectorisation, de détection et les systèmes de lutte contre l'incendie sont classés SC1, conformément au paragraphe 2.3.2 de la section 3.2.1. Ces éléments sont par conséquent résistants au séisme et sont des cibles dans les études de séisme événement (cf. [§ 2.2.1.1.1.](#) et [§ 2.2.1.2.1.](#)).

2.2.2. Analyse par bâtiment

Les études de séisme événement sont réalisées pour chaque bâtiment classé C1/SC1 en application des principes présentés en [§ 2.2.1.](#)

2.2.2.1. Bâtiment Réacteur (BR)

Le bâtiment réacteur est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.1.1. Cibles

Le bâtiment réacteur (BR) présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires. Ce bâtiment contient des équipements classés SC1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont des cibles. Le BR contient également des équipements classés SC2-I et SC2-O.

2.2.2.1.2. Etudes Séisme Événement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.1.2.1. Stratégie de gestion de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées pour l'ensemble des locaux du BR contenant au moins un équipement cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein du BR a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.1.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (coffrets, etc.) sont classés SC2-S. Des structures, notamment des portes, sont classées SC2.
- Des protections SC2 sont mises en place pour écarter le risque de chute ou de basculement de certains matériels, en particulier de RIA.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression. Des consignes d'exploitation prescrivent le retrait après utilisation de certains palans et chariots de manutention.

- Les moyens de rangement temporaires utilisés dans le BR pour la maintenance en arrêt de tranche doivent être enlevés à la fin du chantier dans lequel ils sont utilisés.
- Un transformateur DXR est immobilisé dans sa position d'utilisation ou dans sa position de stockage.

2.2.2.1.3. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.1.3.1. Stratégie de gestion de l'agression

Les études de défaillances multiples sous séisme du BR ont conduit au classement SC2-I de l'ensemble des matériels initiateurs d'inondation ou de dégradation des conditions d'ambiance.

Par conséquent, aucune inondation ou dégradation des conditions d'ambiance n'est générée au sein du BR en cas de séisme.

2.2.2.1.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Les matériels potentiellement initiateurs d'inondation sont classés SC2-I.
- Les matériels potentiellement initiateurs d'une dégradation des conditions d'ambiance sont classés SC2-I.

2.2.2.2. Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde / Bâtiments Electriques (BAS/BL)

Les bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde (BAS/BL) sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.2.1. Cibles

Les bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde (BAS/BL) sont séparés en quatre divisions distinctes (BAS/BL 1 à 4) abritant des matériels SC1. Les BAS/BL 2 et 3 abritent également respectivement la salle de commande principale et la station de repli.

Les BAS/BL abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur (BR) et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés SC1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^{ème} file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont des cibles. Les BAS/BL contiennent également des équipements classés SC2-I et SC2-O.

2.2.2.2.2. Etudes Séisme Evénement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.2.2.1. Analyse de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées pour l'ensemble des locaux des BAS/BL 1, 2, 3 et 4 contenant au moins un équipement cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein des BAS/BL a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.2.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (coffrets, convecteurs, etc.) sont classés SC2-S. Des structures, notamment des portes, sont classées SC2.
- Des protections SC2 sont mises en place pour écarter le risque de chute ou de basculement de certains matériels, en particulier de RIA.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression. Des consignes d'exploitation prescrivent le retrait après utilisation de certains palans et chariots de manutention.

2.2.2.2.3. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.2.3.1. Analyse de l'agression

Les études de défaillances multiples sous séisme des BAS/BL 1, 2, 3 et 4 ont conduit au classement SC2-I des matériels initiateurs d'inondation ou de dégradation des conditions d'ambiance.

Le cas échéant, les conséquences de la rupture des équipements non classés ou classés SC2-S (connexions du système SEP et SED uniquement) ont été analysées. Les volumes d'eau générés sont limités et ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté.

2.2.2.2.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Les matériels potentiellement initiateurs d'inondation sont classés SC2-I (hors connexions du système SEP et SED),
- Un isolement préventif du système SEP et SED est réalisé sur détection d'un séisme (KRA). Le système est isolé via des actions manuelles en local dans un délai d'une heure. Le moyen d'isolement concerné est classé SC2-O. Son accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Les matériels potentiellement initiateurs d'une dégradation des conditions d'ambiance sont classés SC2-I.

2.2.2.3. Bâtiment Combustible (BK)

Le bâtiment combustible est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.3.1. Cibles

Le bâtiment combustible (BK) contient des équipements classés SC1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont des cibles. Le BK contient également des équipements classés SC2-I et SC2-O.

2.2.2.3.2. Etudes Séisme Evénement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.3.2.1. Analyse de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées pour l'ensemble des locaux du BK contenant au moins un équipement cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein du BK a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.3.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (coffrets, armoires, etc.) sont classés SC2-S. Des structures, notamment des portes, sont classées SC2.
- Des protections SC2 sont mises en place pour écarter le risque de chute ou de basculement de certains matériels, en particulier de RIA.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression. Des consignes d'exploitation prescrivent le retrait après utilisation de certains palans et chariots de manutention.
- Certains pupitres DMK doivent être immobilisés dans leur position d'utilisation.

2.2.2.3.3. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.3.3.1. Analyse de l'agression

Les études de défaillances multiples sous séisme du BK ont conduit au classement SC2-I des matériels initiateurs d'inondation ou de dégradation des conditions d'ambiance.

Le cas échéant, les conséquences de la rupture des équipements non classés ou classés SC2-S (partie du système RCV uniquement) ont été analysées. Les volumes d'eau générés sont limités et ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté.

2.2.2.3.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Les matériels potentiellement initiateurs d'inondation sont classés SC2-I (à l'exception d'une partie du système RCV).
- Certaines vannes du système RCV sont fermées en fonctionnement normal, en dehors des opérations d'exploitation courantes.
- Les matériels potentiellement initiateurs d'une dégradation des conditions d'ambiance sont classés SC2-I.

2.2.2.4. Bâtiment Diesels (BD)

Les bâtiments diesels sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.4.1. Cibles

Chaque bâtiment diesel comprend deux groupes électrogènes dédiés aux divisions 1/2 ou 3/4 et un groupe d'ultime secours division 1 ou division 4. Les BD contiennent des équipements classés SC1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont des cibles. Les BD contiennent également des équipements classés SC2-I.

2.2.2.4.2. Etudes Séisme Événement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.4.2.1. Analyse de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées pour l'ensemble des locaux des BD contenant au moins un équipement cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein des BD a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.4.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (gainés, etc.) sont classés SC2-S. Des structures, notamment des portes, sont classées SC2.
- Des protections SC2 sont mises en place pour écarter le risque de chute ou de basculement de certains matériels, en particulier de RIA et d'armoires.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression.

2.2.2.4.3. Etudes Séisme Événement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.4.3.1. Analyse de l'agression

Les études de défaillances multiples sous séisme des BD ont conduit au classement SC2-I de l'ensemble des matériels initiateurs d'inondation ou de dégradation des conditions d'ambiance.

Le cas échéant, les conséquences de la rupture des équipements non classés ou classés SC2-S (connexions du système SEP uniquement) ont été analysées. Les volumes d'eau générés sont limités et ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté.

Par conséquent, aucune inondation ou dégradation des conditions d'ambiance n'est générée au sein des BD en cas de séisme.

2.2.2.4.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Les matériels potentiellement initiateurs d'inondation sont classés SC2-I (hors connexions du système SEP).
- Un isolement préventif du système SEP est réalisé sur détection d'un séisme (KRA). Le système est isolé via des actions manuelles en local dans un délai d'une heure. Le moyen d'isolement concerné est classé SC2-O. Son accessibilité après séisme a été vérifiée.

2.2.2.5. Bâtiments des Auxiliaires Nucléaires (BAN)

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) est décrit dans le paragraphe 2.6 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.5.1. Cibles

Le BAN ne contient pas de matériel F1 mais est classé C1/SC1 au titre du confinement des matières radioactives qu'il contient. La structure externe du bâtiment ainsi que les organes de confinement (portes, registres, etc.) sont classés SC1.

Les études de séisme événement ont pour objectif de démontrer que l'installation permet de garantir cette exigence de confinement, y compris en cas de défaillances multiples sous séisme (absence de rejet de liquide potentiellement radioactif vers l'extérieur ou vers un ouvrage non classé C1/SC1).

Le système SER est classé SC2-I suite aux études de défaillances multiples.

2.2.2.5.2. Etudes Séisme Evénement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.5.2.1. Analyse de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées dans chaque local du BAN contenant au moins une cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein du BAN a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.5.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (tuyauteries, armoires, chemins de câbles, etc.) sont classés SC2-S. Des structures sont classées SC2.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression.

2.2.2.5.3. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.5.3.1. Stratégie de gestion de l'agression

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires contient de nombreux systèmes et équipements non classés séisme et véhiculant des fluides. Les études de défaillances multiples sous séisme du BAN ont été réalisées à l'échelle du bâtiment via l'analyse des conséquences de l'inondation générée après atteinte d'un régime permanent.

Les dispositions retenues dans ces études permettent de limiter le volume d'eau déversé en cas de séisme au sein du BAN et de confiner l'inondation dans le niveau inférieur du bâtiment (niveau \square m).

L'étude inclut également les apports d'eau générés par des défaillances multiples sous séisme dans le BTE, au titre du requis de confinement applicable à ces deux bâtiments et à la disposition de ces ouvrages (altimétries, locaux en interface). Les conclusions de l'analyse montrent que la hauteur d'eau finale dans le BAN atteint dans ce cas le niveau \square m et reste confinée à l'intérieur du bâtiment.

La rupture des équipements potentiellement initiateurs d'une dégradation des conditions d'ambiance au sein du BAN a été analysée. Les cibles des études de défaillances multiples sous séisme du BAN

ne sont pas situées dans des locaux contenant des équipements susceptibles d'initier une dégradation des conditions d'ambiance après séisme.

2.2.2.5.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Les matériels du système SER sont classés SC2-I au sein du BAN.
- Des isolements préventifs des systèmes APG, JPI, RCV, PTR, REN, RES, RIS et RRI sont réalisés sur détection d'un séisme (KRA). Ces systèmes sont isolés via des actions manuelles depuis la salle de commande principale dans un délai de 30 minutes. Les moyens d'isolement concernés sont classés SC2-O et sont situés à l'extérieur du BAN. Leur accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Des isolements préventifs des systèmes SEP, SED et REN sont réalisés sur détection d'un séisme (KRA). Ces systèmes sont isolés via des actions manuelles en local dans un délai d'une heure. Les moyens d'isolement concernés sont classés SC2-O et sont situés à l'extérieur du BAN. Leur accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Certaines pompes du système RPE sont arrêtées automatiquement sur détection d'un séisme (KRA). Ces pompes sont classés SC2-O et sont situées à l'extérieur du BAN. D'autres pompes RPE sont arrêtées par une action de coupure en local au niveau de leur tableau d'alimentation. Ces tableaux sont classés SC2-O et sont situés à l'extérieur du BAN. Leur accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Un calfeutrement de traversée situé en interface entre le BAN et le BAS/BL 4 est requis étanche à l'eau après séisme.

2.2.2.6. Bâtiments de Traitement des Effluents (BTE)

Le bâtiment de traitement des effluents est décrit dans le paragraphe 2.9 de la section 1.2.3.2.

2.2.2.6.1. Cibles

Le BTE ne contient pas de matériel F1 mais est classé C1/SC1 au titre du confinement des matières radioactives qu'il contient. La structure externe du bâtiment ainsi que les organes de confinement (portes, registres, etc.) sont classés SC1.

Les études de séisme événement ont pour objectif de démontrer que l'installation permet de garantir cette exigence de confinement, y compris en cas de défaillances multiples sous séisme (absence de rejet de liquide potentiellement radioactif vers l'extérieur ou vers un ouvrage non classé C1/SC1).

2.2.2.6.2. Etudes Séisme Événement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.6.2.1. Stratégie de gestion de l'agression

Les études de séisme événement simple défaillance – chute ou basculement sont réalisées dans chaque local du BTE contenant au moins une cible.

L'ensemble des cas d'agression confirmés au sein du BTE a fait l'objet de dispositions correctives.

2.2.2.6.2.2. Dispositions correctives

Les dispositions correctives suivantes ont été mises en place :

- Des matériels agresseurs (tuyauteries, etc.) sont classés SC2-S. Des structures sont classées SC2.
- Des positions de garage sûres (éloignées des cibles) sont définies pour les engins de manutention présentant un risque d'agression.
- Des grilles de protection robustes classées SC2 permettent d'assurer la protection des cibles.
- Des marquages au sol délimitant la position de garage ou de rangement sûre de certains équipements, notamment de la machine mercure, sont définis.

2.2.2.6.3. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.6.3.1. Stratégie de gestion de l'agression

Le bâtiment de traitement des effluents contient de nombreux systèmes et équipements non classés séisme et véhiculant des fluides. Les études de défaillances multiples sous séisme du BTE ont été réalisées à l'échelle du bâtiment via l'analyse des conséquences de l'inondation générée après atteinte d'un régime permanent.

Les dispositions retenues dans ces études permettent de limiter le volume d'eau déversé en cas de séisme au sein du BTE et de confiner l'inondation dans les niveaux inférieurs du bâtiment (niveau \square m).

La rupture des équipements potentiellement initiateurs d'une dégradation des conditions d'ambiance au sein du BTE a été analysée. Les cibles des études de défaillances multiples sous séisme du BTE ne sont pas situées dans des locaux contenant des équipements susceptibles d'initier une dégradation des conditions d'ambiance après séisme.

2.2.2.6.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions retenues dans ces études sont les suivantes :

- Des matériels des systèmes 8SEL et 8RPE sont classés SC2-I.
- L'isolement préventif du système JPI est réalisé sur détection d'un séisme (KRA). Ce système est isolé via des actions manuelles depuis la salle de commande principale dans un délai de 30 minutes. Les moyens d'isolement concernés sont classés SC2-O et sont situés à l'extérieur du BTE. Leur accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Des isolements préventifs des systèmes SEP et SED sont réalisés sur détection d'un séisme (KRA). Ces systèmes sont isolés via des actions manuelles en local dans un délai d'une heure. Les moyens d'isolement concernés sont classés SC2-O et sont situés à l'extérieur du BTE. Leur accessibilité après séisme a été vérifiée.
- Des interfaces entre le BTE et la galerie HGN et entre le BTE et le BAN sont requises étanches à l'eau après séisme.

2.2.2.7. Station de pompage (HP) et galeries classées (HG)

2.2.2.7.1. Présentation du bâtiment

La station de pompage et les galeries classées sont décrites dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.

2.2.2.7.2. Cibles

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. Les divisions 1 et 4 contiennent également le système SRU. Chaque division de la station de pompage est connectée aux galeries classées appartenant à la même division de sûreté permettant la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU. Ces cibles sont classées SC1.

La plupart des matériels cibles sont localisés dans une zone spécifique dite « puits SEC ». D'autres matériels cibles (principalement liés à la filtration CFI) sont localisés en dehors de ces puits SEC.

Les galeries classées contiennent également les systèmes JAC, JPI et ASG.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont également considérés comme des cibles vis-à-vis de l'agression séisme.

Les équipements classés SC2 intègres sont également considérés comme des cibles vis-à-vis du risque de choc.

2.2.2.7.3. Etudes Séisme Evénement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.7.3.1. Analyse de l'agression

L'analyse de sûreté est présentée dans la [Réf \[4\]](#).

Dans les quatre puits SEC de la station de pompage et dans les galeries classées, les agresseurs potentiels des cibles sont classés a minima SC2-Stable.

Dans les autres locaux de la station de pompage qui contiennent peu de cibles à protéger (systèmes CFI, DVP et réseau incendie), les agresseurs potentiels des cibles sont généralement classés SC2-Stable. Dans le cas contraire, une analyse est réalisée afin d'écarter le risque.

Dans les zones où l'agression du réseau incendie n'a pu être écartée par le classement sismique des agresseurs potentiels, une analyse incendie apporte la démonstration que la sectorisation est suffisante pour éviter la propagation d'un incendie d'un volume de feu de sûreté à un autre (cf. Sous-chapitre 3.2. du RDS qui présente les exceptions aux règles de classement). Des isolements préventifs ou en cas d'agression sont prévus pour éviter la perte de l'ensemble du réseau incendie (cf. [§ 2.2.2.7.3.2.](#)).

L'agression de vannes SEN en interface avec le système SRU est acceptable dans la mesure où le débit SRU n'est pas remis en cause.

Pour les autres cas, des protections passives sont mises en place pour éviter l'agression des cibles par des RIA (cf. [§ 2.2.2.7.3.2.](#)).

2.2.2.7.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions valorisées pour la gestion de l'agression sont présentées dans la [Réf \[9\]](#).

La parade principale consiste à classer SC2-S les agresseurs potentiels.

En complément des dispositions présentées au [§ 2.2.1.1.3.](#), les vannes JPD permettant d'isoler les parties de réseau incendie pouvant être agressées en cas de séisme, sont maintenues fermées en exploitation normale à l'exception du réseau incendie situé autour des moteurs des pompes CRF, qui en cas de détection d'un séisme par KRA, est isolé manuellement par les vannes d'isolement du réseau JPD des trains 2 et 3. Ces vannes sont accessibles suite à séisme.

Des cas d'agressions de cibles par des RIA ont été identifiés. Dans ce cas, des barres de protections sont mises en place pour protéger les cibles. De plus, les vannes d'isolement des RIA sont maintenues fermées en dehors de leur utilisation normale.

Les équipements de manutention classés SC2 ci-après doivent être verrouillés dans leur position de garage lorsqu'ils ne sont pas utilisés :

- Les points roulants (bipoutres, mono-poutre, suspendus ou posés),
- Les potences de manutention (électriques ou manuelles),
- Les chariots électriques et chariots / treuils électriques montés sur monorails.

Des dispositions organisationnelles permettent de gérer le risque séisme-événement posé par la chaîne de manoeuvre des chariots porte-palan manuels à direction à chaîne.

2.2.2.7.4. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.7.4.1. Analyse de l'agression

L'analyse de sûreté est présentée dans la [Réf \[5\]](#).

Dans les quatre puits SEC de la station de pompage et dans les galeries classées, les agresseurs potentiels sont classés a minima SC2-Intègre.

Dans les autres locaux de la station de pompage (zone autour de la filtration et des pompes SEN/CRF des divisions 2 et 3), les agresseurs potentiels sont généralement classés SC2-Intègre. Dans le cas contraire, des analyses complémentaires de cheminement de l'inondation sont réalisées.

Les analyses menées dans un premier temps visent à évaluer le niveau d'eau atteint par l'inondation. Il est ensuite vérifié que les cibles sensibles à l'inondation sont localisées à une altimétrie supérieure à ce niveau atteint. Ces analyses permettent de dédouanner l'agression d'une majorité de cibles situées notamment au-dessus du niveau du plancher de filtration de la station de pompage (moto-réducteur des tambours filtrants notamment) puisque l'inondation s'évacue par les exutoires vers la mer.

Certains matériels du système de conditionnement thermique de la station de pompage sont toutefois atteints par l'inondation. Dans ce cas, des études thermiques ont été menées afin de montrer que les températures atteintes restent compatibles avec le bon fonctionnement des matériels classés à conditionner (cf. Sous-chapitre 3.2. du RDS qui présente les exceptions aux règles de classement).

L'analyse du cheminement de l'eau montre qu'une inondation dans cette zone ne peut pas se propager vers les puits SEC.

Enfin, compte tenu de la nature des équipements installés dans ces ouvrages (aucun circuit ne véhicule un fluide à une température supérieure à 100°C), le risque de dégradation des conditions d'ambiance est écarté.

Ces analyses démontrent l'atteinte des objectifs de sûreté.

2.2.2.7.4.2. Dispositions correctives

Les dispositions valorisées pour la gestion de l'agression sont présentées dans la [Réf \[9\]](#).

La parade principale consiste à classer SC2-I les circuits pouvant être à l'origine d'une inondation potentielle suite à séisme et susceptible d'agresser des cibles.

D'autres dispositions passives sont valorisées pour éviter la propagation d'une inondation des parties non classées sismiques des bâtiments vers les parties contenant du matériels à protéger en station de pompage et galeries classées (requis d'étanchéité suite à séisme au niveau de certaines trémies en interface).

2.2.2.8. Ouvrage de rejet

2.2.2.8.1. Présentation du bâtiment

L'ouvrage de rejet, composé de la partie rejet (HCA) et pré-rejet (HCB) est décrit dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.

2.2.2.8.2. Cibles

La partie pré-rejet de l'ouvrage de rejet (HCB) comprend en sous-sol deux voies abritant chacune une redondance du système JAC participant à la fonction de sûreté refroidissement de la piscine combustible et une redondance du système ASG permettant une réalimentation des bâches ASG ainsi qu'une partie en extérieur où transitent les eaux et débris issus du lavage des filtres et des grilles de la station de pompage. Cette seconde partie ne comporte pas de matériels F1.

L'ouvrage de rejet, partie rejet (HCA), abrite dans sa partie classée, les tuyauteries de rejet SEC et SRU ainsi que la prise d'eau pour la diversification SRU. L'autre partie de l'ouvrage, qui comprend le bassin de rejet et le rejet SEN/CRF, ne contient aucune cible de sûreté.

Ces cibles sont classées SC1.

Les systèmes, structures et composants participant à la protection contre l'incendie (matériels classés SC1) sont également considérés comme des cibles vis-à-vis de l'agression séisme.

Les équipements classés SC2 intègres sont également considérés comme des cibles vis-à-vis du risque de choc.

2.2.2.8.3. Etudes Séisme Evénement – Simple Défaillance – chute ou basculement

2.2.2.8.3.1. Analyse de l'agression

L'analyse de sûreté est présentée dans la [Réf \[4\]](#).

Dans les parties de l'ouvrage de rejet contenant des cibles à protéger, les agresseurs potentiels des cibles sont généralement classés a minima SC2-Stable. Dans le cas contraire, une analyse est réalisée afin d'écarter le risque.

Dans les zones où l'agression du réseau incendie n'a pu être écartée par le classement sismique des agresseurs potentiels (zone situées en dehors des parties contenant des matériels classés), des isolements préventifs de cette partie du réseau incendie est prévue pour éviter la perte de l'ensemble du réseau incendie (cf. [§ 2.2.2.8.4.2.](#)).

Pour les autres cas, des protections passives sont mises en place pour éviter l'agression de la cible par des RIA (cf. [§ 2.2.2.8.4.2.](#)).

2.2.2.8.3.2. Dispositions correctives

Les dispositions valorisées pour la gestion de l'agression sont présentées dans la [Réf \[9\]](#).

La parade principale consiste à classer SC2-S les agresseurs potentiels.

En complément des dispositions présentées au [§ 2.2.1.1.3.](#), les vannes JPD permettant d'isoler la partie du réseau incendie alimentant des RIA pouvant être agressées en cas de séisme sont maintenues fermées en exploitation normale.

Des cas d'agressions de cibles par des RIA ont été identifiés. Dans ce cas, des barres de protections sont mises en place pour protéger les cibles. De plus, les vannes d'isolement des RIA sont maintenues fermées en dehors de leur utilisation normale.

Les équipements de manutention classés SC2 ci-après doivent être verrouillés dans leur position de garage lorsqu'ils ne sont pas utilisés :

- Les points roulants (bipoutres, mono-poutre, suspendus ou posés),
- Les potences de manutention (électriques ou manuelles),
- Les chariots électriques et chariots / treuils électriques montés sur monorails.

Des dispositions organisationnelles permettent de gérer le risque séisme-événement posé par la chaîne de manoeuvre des chariots porte-palan manuels à direction à chaîne

2.2.2.8.4. Etudes Séisme Evénement – Défaillances Multiples sous séisme

2.2.2.8.4.1. Analyse de l'agression

L'analyse est présentée dans la [Réf \[5\]](#).

Les initiateurs potentiels d'inondation dans les locaux présentant des cibles à protéger (locaux des voies JAC dans HCB où se trouvent le système JAC et locaux des puits de rejet SEC dans HCA) sont classés a minima SC2 intègres. Le risque d'inondation dans ces zones suite à séisme est donc écarté.

Une inondation peut toutefois avoir lieu dans les parties de l'ouvrage ne présentant pas de cibles à protéger et se propager vers les parties contenant des cibles à protéger. Des analyses complémentaires sont réalisées afin de prendre les dispositions adéquates.

Les locaux des voies JAC peuvent être atteints par une inondation cheminant depuis les autres locaux de l'ouvrage de pré-rejet : bâches incendie JAC 1 et JAC 2, puits de rejet CRF/SEN, locaux autour des vis d'Archimède. Des dispositions sont prises pour éviter ces entrées d'eau (cf. [§ 2.2.2.8.4.2.](#)).

Un séisme peut conduire à une perte du réseau incendie non classé dans les bâtiments non classés sismiques. Pour éviter la perte du réseau classé connecté par vidange des bâches JAC, des dispositions sont prises pour isoler le réseau incendie non classé en cas de séisme (cf. [§ 2.2.2.8.4.2.](#)).

Enfin, compte tenu de la nature des équipements installés dans ces ouvrages (aucun circuit ne véhicule un fluide à une température supérieure à 100° C), le risque de dégradation des conditions d'ambiance est écarté.

Ces analyses démontrent l'atteinte des objectifs de sûreté.

2.2.2.8.4.2. Dispositions correctives

Les dispositions valorisées pour la gestion de l'agression sont présentées dans la [Réf \[9\]](#).

La parade principale consiste à classer SC2-I les circuits pouvant être à l'origine d'une inondation potentielle suite à séisme et susceptible d'agresser des cibles.

En complément des dispositions présentées dans le [§ 2.2.1.2.3.](#), les dispositions agressions suivantes sont valorisées pour éviter la perte de cibles de sûreté suite à une inondation induite par séisme :

- Un isolement automatique de l'appoint aux bâches JAC pour éviter un sur-remplissage de celles-ci en cas de séisme qui générerait une inondation dans les voies JAC.
- Un isolement des lignes incendie non classées sismiques (système JAC) en cas de surdébit détecté dans la ligne (isolement automatique) ou en cas de détection KRA (isolement manuel).
- Des clapets anti-retour sur le système JAC afin d'éviter la propagation d'une inondation des parties non classées sismiques du bâtiment vers les parties contenant du matériels à protéger par le réseau d'exhaure.

D'autres dispositions passives sont valorisées pour éviter la propagation d'une inondation des parties non classées sismiques des bâtiments vers les parties contenant du matériels à protéger en ouvrage de rejet (requis d'étanchéité de certaines trémies en interface, mise en place d'une bride pleine sur une tuyauterie du réseau SEO).

2.2.3. Prescription INB 167-36 - Visites sur le terrain

Conformément à la prescription INB 167-36, des visites sur le terrain, effectuées lors de la construction initiale de l'installation ainsi que lors des éventuelles modifications ultérieures, sont réalisées afin de permettre une identification des équipements définis à l'article IV 2.2 du Décret d'Autorisation de Création de l'EPR FA3. Ces visites sur le terrain ont pour objectif la vérification complémentaire in situ des matériels non étudiés en phase de conception.

L'ensemble de ces vérifications est mené après l'achèvement de la construction et de l'installation des équipements dans les différents locaux.

2.3. VÉRIFICATION DES MARGES SISMIQUES

Les bases de conception retenues, plus précisément le choix du niveau sismique et le conservatisme de la démarche de dimensionnement mise en œuvre pour la protection de l'installation contre les séismes, confèrent des marges vis-à-vis des objectifs de sûreté associés au séisme.

Une vérification est réalisée pour chaque site. Elle repose d'abord sur la comparaison des chargements sismiques retenus pour le dimensionnement des structures et des matériels (3 spectres EUR sols mou, moyen et dur ou le spectre EUR sol dur et calés à 0,25 g ou à 0,20 g selon les bâtiments) et des mouvements sismiques à prendre en compte pour le dimensionnement des installations définis en application de la Règle Fondamentale de Sûreté 2001-01 (voir sous-chapitre 18.3).

Cette comparaison met en évidence le caractère enveloppe (cf. [§ 2.1.](#)) pris en compte pour le dimensionnement, ce qui exclut de fait tout risque d'effet falaise.

Lorsque l'analyse ne dégage pas de marge, une analyse plus détaillée d'une sélection de matériels est réalisée sur la base d'hypothèses conservatives mais plus réalistes que celles adoptées pour le dimensionnement (modélisation des conditions du sol, amortissement, capacité sismique, par exemple). Le retour d'expérience (essais sur table vibrante, analyse des conséquences de séismes réels) contribue à la justification des marges.

Par ailleurs la satisfaction des objectifs probabilistes associés aux agressions externes et au séisme en particulier, est vérifiée dans le sous-chapitre 18.3.

2.4. DÉMONSTRATION DU CARACTÈRE PRATIQUEMENT ÉLIMINÉ DU RISQUE DE FUSION DU COMBUSTIBLE EN PISCINE BK INDUIT PAR UN SÉISME

Le découvrément du combustible en piscine doit être pratiquement éliminé dans le cas d'un séisme, conformément aux Directives Techniques §E.2.2.6 [Réf \[8\]](#). L'occurrence d'un séisme ne pouvant être exclue, le séisme a été intégré à la conception dans le dimensionnement de tous les systèmes et ouvrages classés au séisme, dont font partie la structure génie civil du BK ainsi que les différents systèmes qui assurent la prévention et la mitigation des accidents de fusion du combustible en piscine BK (cf §3.2.2).

La démarche de dimensionnement au séisme de ces systèmes, dont les points clés sont rappelés ci-dessous, leur procure par ailleurs des marges significatives. La démonstration du caractère pratiquement éliminé de la situation redoutée en cas de séisme est donc apportée de manière déterministe par le dimensionnement.

Les éléments suivants constituent des points clés de la démarche de dimensionnement au séisme adoptée pour l'EPR Flamanville 3 :

- Le niveau sismique réglementaire à considérer pour les structures et matériels classés sismiques (SC1 et SC2) est le SMS (Séisme Majoré de Sécurité), défini par la RFS 2001-01. Ce niveau correspond pour le site de Flamanville à un spectre de sol avec une accélération PGA (Peak Ground Acceleration) de 0,16g.
- Le niveau sismique à prendre en compte pour la démonstration de robustesse du Noyau Dur post-Fukushima est le Séisme Noyau Dur (SND). Il correspond pour le site de Flamanville au spectre du SMS majoré de 50%, ce qui conduit à une accélération PGA de 0,24g (cf. paragraphe 4.1 du sous-chapitre 21.0).
- Pour l'EPR Flamanville 3, la structure génie civil du BK ainsi que les différents systèmes qui assurent la prévention et la mitigation des accidents de fusion du combustible en piscine BK sont classés SC1 et ont à ce titre été conçus en considérant un chargement sismique SDD (Spectre de Dimensionnement), défini par des spectres de sol large bande (EUR) calés à 0,25g PGA et qui couvrent globalement le niveau SND (avec présence de marges notables à la fréquence propre principale du bâtiment BK), ce qui excède donc largement l'exigence réglementaire de tenue au SMS des structures et systèmes classés SC1.
- La démarche de standardisation adoptée pour la conception de l'îlot nucléaire de l'EPR conduit également à prendre en compte et à couvrir dans les études différentes conditions de sites, ce qui se traduit par une augmentation des chargements sismiques appliqués aux différents systèmes, structures et composants (SSC) du BK (cf. [§ 1.1.](#)).
- Concernant la station de pompage (vérifiée au SND), celle-ci est considérée comme robuste car elle est dimensionnée face au risque chute d'avion en plus du séisme. Ceci est source de marges vis-à-vis du risque sismique (cf. section 21.1.2.2).
- Le dimensionnement au séisme des systèmes de l'EPR a par ailleurs été réalisé sur la base de méthodes et critères de conception déterministes conservatifs qui leur procurent des marges sismiques significatives.

LISTE DE REFERENCES

- [1]** ENSN040194 « Référentiel des exigences de sûreté applicables à la conception des ouvrages de génie civil de l'EPR »
- [2]** ENSNDR030011 Ind B Défaillances multiples d'équipements non sismiques : démarche de vérification
- [3]** ASCE Vol 107, N° ST12, December, 1981
- [4]** ETSIM130170 Ind E
Note de synthèse des analyses de sûreté séisme événement dans les bâtiments du BOP de l'EPR de Flamanville 3
- [5]** ETSIM130123 Ind D
Note de synthèse des analyses de sûreté des défaillances multiples sous séisme dans les bâtiments du BOP de l'EPR de Flamanville 3
- [6]** ECEIG140458 Ind B
Note de synthèse des études de séisme événement simple défaillance et défaillances multiples sous séisme pour l'îlot nucléaire de l'EPR FA3
- [7]** ECEIG141005 Ind A
Dossier correctif associé à la note de synthèse des études de séisme événement simple défaillance et défaillances multiples sous séisme pour l'îlot nucléaire de l'EPR FA3
- [8]** Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression, adoptées pendant les réunions plénières du GPR et des experts allemands les 19 et 26 octobre 2000.
- [9]** D305117002784 F – Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

FIG-3.3.2.1 SPECTRES DE SOL DE DIMENSIONNEMENT EUR (HORIZONTAL, AMORTISSEMENT DE 5%)

Volume 2 Chapter 4
DESIGN BASIS (PART 2)

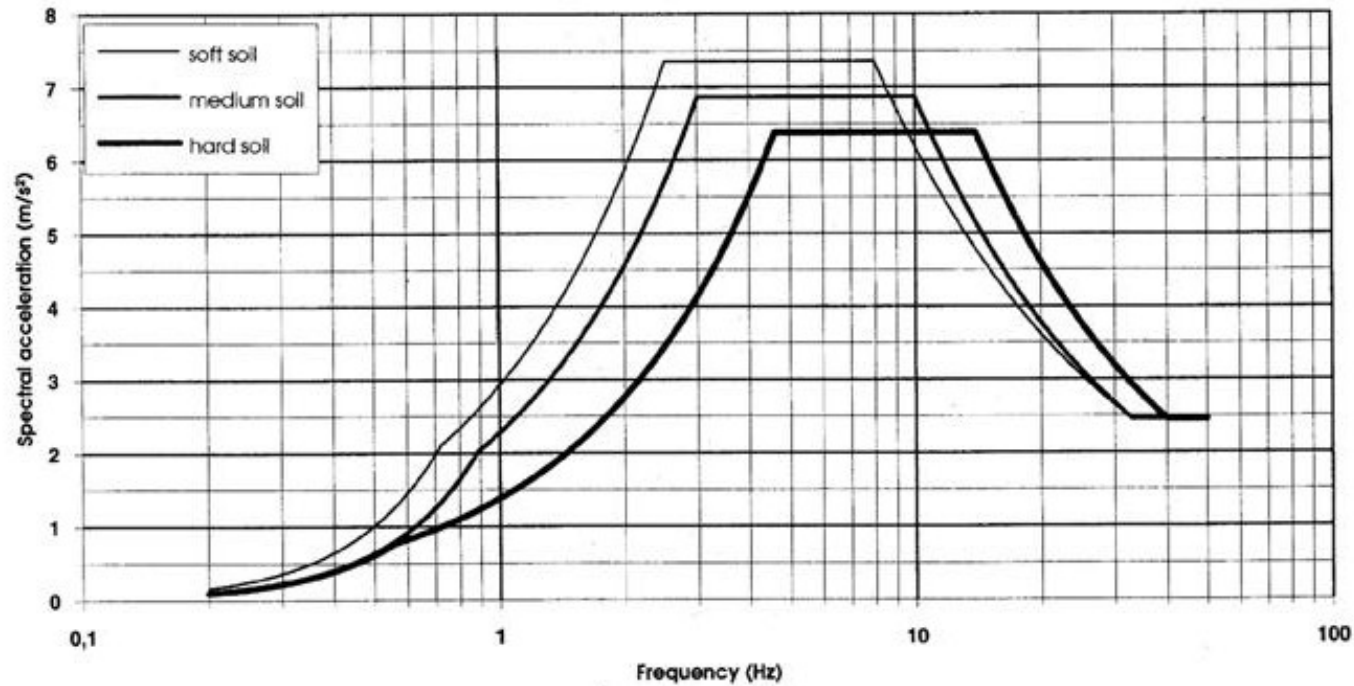
revision 8 state 5 November 05

Section

Requirement

Section comment

2.4 6.8 Figure : EUR design basis ground motion spectra (horizontal, 5% damping)



EUROPEAN UTILITY REQUIREMENTS FOR LWR NUCLEAR POWER PLANTS

**FIG-3.3.2.2 DÉMARCHE EN CAS DE SÉISME RESSENTI
ET/OU MESURE SUR L'INSTALLATION**

SOMMAIRE

.3.3.3 PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION	4
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES	4
0.1. APPROCHE GÉNÉRALE DE PROTECTION	4
0.2. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	4
0.3. EXIGENCES GÉNÉRALES DE SÛRETÉ CONCERNANT LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL ET LES SYSTÈMES, LES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES	4
0.4. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES – NORMES	5
0.4.1. DÉCRET D'AUTORISATION DE CRÉATION	5
0.4.2. LES DIRECTIVES TECHNIQUES	5
0.4.3. RÈGLE FONDAMENTALE DE SÛRETÉ	5
0.5. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX STRUCTURES	5
0.6. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX ÉQUIPEMENTS	6
1. EXIGENCES DE CONCEPTION	6
1.1. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES – CODES	6
1.1.1. DÉCRET D'AUTORISATION DE CRÉATION	6
1.1.2. DÉCISION DE L'ASN	6
1.1.3. LES DIRECTIVES TECHNIQUES	7
1.1.4. RÈGLE FONDAMENTALE DE SÛRETÉ	7
1.1.5. CODE DE CONCEPTION	8
1.2. PROTECTION AVION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE L'AGRESSION	8
1.2.1. CAS DE L'AVIATION MILITAIRE	8
1.2.2. CAS DE L'AVIATION GÉNÉRALE	8
1.3. PROTECTION AVION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE L'AGRESSION	9
1.4. CUMULS	9
1.5. CAS DE CHARGE	9
1.5.1. DIAGRAMME DE CHARGEMENT « AVIATION MILITAIRE »	9



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.3

PAGE 2/26

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

1.5.2. DIAGRAMME DE CHARGEMENT « AVIATION GÉNÉRALE »	10
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	10
2.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	11
2.1.1. VOLET DETERMINISTE	11
2.1.2. VOLET PROBABILISTE	14
2.2. ANALYSE	14
2.2.1. VOLET DETERMINISTE	14
2.2.2. VOLET PROBABILISTE	15
2.2.3. ANALYSE COMPLÉMENTAIRE □	15
2.2.4. DISPOSITIONS VALORISEES	15
LISTE DES RÉFÉRENCES.	16


FIGURES :**FIG-3.3.3.1 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION****MILITAIRE 18****FIG-3.3.3.2 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION****GÉNÉRALE 19****FIG-3.3.3.3 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION GÉNÉRALE****COMPARÉE À CELLES RETENUES POUR L'AVIATION****MILITAIRE 20****FIG-3.3.3.4 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES OUVRAGES****(ÎLOT NUCLÉAIRE) 21****FIG-3.3.3.5 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES OUVRAGES****(STATION DE POMPAGE) 22****FIG-3.3.3.6 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES OUVRAGES****(OUVRAGE DE REJET) 23****FIG-3.3.3.7 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (ÎLOT****NUCLÉAIRE) 24****FIG-3.3.3.8 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (STATION DE****POMPAGE) 25****FIG-3.3.3.9 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (OUVRAGE DE****REJET) 26**

.3.3.3 PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES

0.1. APPROCHE GÉNÉRALE DE PROTECTION

L'approche générale de protection contre la chute d'avion accidentelle est présentée dans le sous-chapitre 3.1 « Principes généraux de sûreté ». Elle est davantage détaillée au niveau du sous-chapitre 3.3 « Protections contre les agressions externes » qui précise :

- Les principes généraux de la démarche de protection vis-à-vis des agressions externes ([§ 1.2.](#)). Ces principes généraux stipulent notamment que :
 - Conformément aux Directives techniques, les agressions externes sont prises en compte à la conception, au même titre que les événements ou agressions internes. Les agressions prises en compte dans le dimensionnement le sont avec les mêmes objectifs de conséquences radiologiques que les situations sans fusion du cœur.
 - Les agressions sont par ailleurs analysées pour leur contribution au risque global de fusion de cœur.
 - Dans le cadre du dimensionnement, le principe de base de la protection de l'EPR contre les agressions externes est, en cohérence avec les Directives Techniques [Réf \[3\]](#), celui de la démarche « cas de charge »¹ pour les bâtiments permettant de ramener la tranche dans un état sûr et le stockage du combustible usé.
 - Concernant les autres structures, systèmes et équipements à protéger vis-à-vis de l'agression chute d'avion  , l'absence de protection est justifiée sur la base d'une analyse probabiliste et/ou d'une analyse des conséquences de la défaillance de ces matériels, en regard des objectifs de conséquences radiologiques des situations sans fusion du cœur.

0.2. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

Suite à la chute d'un avion, l'objectif est de garantir que les fonctions de sûreté des systèmes et des matériels qui sont nécessaires pour amener la tranche dans un état d'arrêt sûr et pour éviter et limiter les rejets radioactifs ne sont pas affectées de manière inadmissible.

0.3. EXIGENCES GÉNÉRALES DE SÛRETÉ CONCERNANT LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL ET LES SYSTÈMES, LES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES

Tous les ouvrages de génie civil et les matériels nécessaires pour atteindre les objectifs de sûreté doivent être protégés. L'identification de ces structures et de ces équipements s'appuie sur les textes réglementaires applicables et les règles fondamentales de base, complétés par des exigences déterministes additionnelles (cf. [§ 0.4.](#)).

1. Extrait du paragraphe F2.1 des Directives Techniques : « *En règle générale un bon moyen pour déterminer les dispositions à mettre en place contre les agressions externes est de définir des cas de charge. Une méthode appropriée doit être définie pour chaque agression externe en vue de déterminer les chargements ainsi que les structures, systèmes et équipements qui doivent résister à ces chargements ; de plus pour certaines agressions externes cette approche doit être complétée par une approche événementielle incluant, si nécessaire des analyses fonctionnelles pour évaluer les dépendances entre agressions externes et agressions ou événements internes.* »

0.4. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES – NORMES

Tous les textes réglementaires, les guides (dont règles fondamentales de sûreté et directives techniques), les codes et normes applicables sont identifiés aux sous-chapitre 1.6 « Références » et sous-chapitre 1.7 « Conformité avec la réglementation ».

Concernant la chute d'avion, les textes présentés dans les paragraphes ci-après définissent des exigences de sûreté spécifiques.

0.4.1. DÉCRET D'AUTORISATION DE CRÉATION

Le Décret d'autorisation de création de l'installation [Réf \[1\]](#), définit dans l'article 2 (section IV.2.1) les exigences de sûreté relatives à la protection de l'installation contre le risque de chute accidentelle d'un aéronef. Ces exigences sont les suivantes :

« La capacité de l'installation à assurer les trois fonctions fondamentales de sûreté en cas de chute accidentelle d'aéronef est assurée soit par séparation géographique de systèmes redondants, soit par la protection physique de bâtiments contre les effets directs et indirects de l'impact résultant de la chute accidentelle d'un aéronef. »

0.4.2. LES DIRECTIVES TECHNIQUES

Les Directives Techniques [Réf \[3\]](#) et plus particulièrement les sections A.2.5 (contribution des agressions externes au risque global) et F2.2.2 (protection contre la chute d'avion) sont applicables à la protection contre la chute d'avion.

La section F2.2.2 précise en particulier :

« Pour ce qui concerne les chutes d'avion, des dispositions doivent être prises pour assurer une protection appropriée des bâtiments liés à la sûreté en considérant de façon appropriée les trafics de l'aviation générale et de l'aviation militaire à proximité du site et en anticipant autant que possible leurs évolutions au cours de la vie de l'installation.

La protection des systèmes de sûreté doit être considérée à l'égard de l'impact direct (pénétration) ainsi qu'à l'égard de l'impact indirect lié aux vibrations induites. »

0.4.3. RÈGLE FONDAMENTALE DE SÛRETÉ

La RFS 1.2.a [Réf \[4\]](#) identifie trois « fonctions de sûreté principales » (arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle, stockage du combustible usé et traitement des effluents radioactifs) et demande une évaluation de la fréquence d'endommagement de celles-ci en précisant les caractéristiques du missile correspondant à l'agression qu'il est admis de considérer. Trois familles sont distinguées : l'aviation générale, l'aviation commerciale et l'aviation militaire.

La conception est considérée comme acceptable si la fréquence d'un dégagement inacceptable de substances radioactives est inférieure à une valeur déterminée, qui est un objectif probabiliste. La RFS [Réf \[4\]](#) précise que « L'ordre de grandeur de la probabilité limite pour accepter l'éventualité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site, pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, est de 10^{-6} / an x tranche. Toutefois, pour tenir compte de la sommation nécessaire des probabilités d'accidents aux conséquences analogues, on se fixe pour chaque famille d'agressions un ordre de grandeur (...) limite de la probabilité d'occurrence de l'évènement pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, de 10^{-7} / an x tranche. »

0.5. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX STRUCTURES

Les exigences de sûreté applicables aux structures de catégorie 1, catégorie à laquelle appartient l'ensemble des ouvrages pris en compte par l'analyse du risque de chute d'avion, sont présentées dans la section 3.5.0.

Les exigences de sûreté distinguent les bâtiments protégés par séparation géographique et ceux protégés physiquement ¶ (cf. § 1.2. pour les aspects « périmètre de la protection avion »). Pour le dimensionnement des structures de protection de ces derniers bâtiments, l'impact de l'avion est modélisé en prenant en compte des cas de charge appliqués sur les structures (cf. § 1.4. pour les aspects « cas de charge »).

La section 3.5.0 présente également les principaux critères de génie-civil associés (cf. § 2. pour les aspects « critère »).

0.6. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX ÉQUIPEMENTS

Les exigences de sûreté applicables aux équipements permettant de rejoindre et de maintenir l'installation en état sûr après l'agression découlent en particulier des exigences de qualification présentées au sous-chapitre 3.7. Elles visent à garantir que les équipements concernés sont aptes à remplir leurs fonctions sous les sollicitations auxquelles ils sont supposés être soumis.

Les équipements permettant de rejoindre un état sûr et d'y maintenir l'installation après l'agression doivent être qualifiés pour des mouvements sollicitant au moins aussi sévères que ceux engendrés par cette agression.

1. EXIGENCES DE CONCEPTION

1.1. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ - DIRECTIVES TECHNIQUES – CODES

Tous les textes réglementaires, les guides (dont règles fondamentales de sûreté et directives techniques), les codes et normes applicables sont identifiés aux sous-chapitre 1.6 « Références » et sous-chapitre 1.7 « Conformité avec la réglementation ».

Concernant la chute d'avion, les textes présentés dans les paragraphes ci-après définissent des exigences de conception spécifiques.

1.1.1. DÉCRET D'AUTORISATION DE CRÉATION

Le Décret d'autorisation de création de l'installation [Réf \[1\]](#), définit dans l'article 2 (section IV.2.1) les exigences de conception relatives à la protection de l'installation contre le risque de chute accidentelle d'un aéronef. Ces exigences sont les suivantes :

« Les bâtiments pouvant contenir du combustible nucléaire, deux divisions abritant des systèmes redondants permettant d'assurer l'accomplissement des trois fonctions fondamentales de sûreté visées au III, la salle de commande principale et la station de repli du réacteur sont protégés physiquement par une paroi externe en béton armé.

Les cas de charge à retenir pour la conception de cette paroi sont définis en considérant, d'une part, le trafic de l'aviation générale et son évolution prévisible et, d'autre part, par convention, la chute accidentelle d'un avion militaire. ».

1.1.2. DÉCISION DE L'ASN

La décision ASN [Réf \[2\]](#) définit, s'agissant du risque de « chute d'aéronefs » (Titre III, Chapitre 2, Section 5) ([INB167-42]) :

- *« Pour les bâtiments protégés physiquement par une paroi externe en béton armé visés au IV-2.1 de l'article 2 du décret n°2007-534, les cas de charges relatifs à la chute accidentelle d'un avion militaire sont au minimum enveloppes des courbes C1 et C2 appliquées sur une aire circulaire de 7 m².*

Voir figure [FIG-3.3.3.1](#)

Le diagramme de chargement C1 est utilisé :

- pour le dimensionnement des structures internes de ces bâtiments contre les vibrations induites ;
- pour le dimensionnement de la paroi externe de protection en béton armé contre les chargements résultant d'un impact direct.

Le diagramme de chargement C2 est utilisé pour vérifier la résistance ultime locale à la perforation de la paroi externe de protection en béton armé. ».

La décision ASN [Réf \[2\]](#) définit par ailleurs, s'agissant du risque de « chute d'aéronefs » (Titre III, Chapitre 2, Section 5) ([INB167-9]) :

« Le rapport de sûreté présente une étude du scénario de vidange de deux générateurs de vapeur résultant de la rupture des tuyauteries de vapeur non protégées contre la chute d'un aéronef. ».

1.1.3. LES DIRECTIVES TECHNIQUES

Les Directives Techniques [Réf \[3\]](#) et plus particulièrement les sections A.2.5 (contribution des agressions externes au risque global) et F2.2.2 (protection contre la chute d'avion) sont applicables à la protection contre la chute d'avion.

La section F2.2.2 précise en particulier :

« La protection des systèmes de sûreté doit être considérée à l'égard de l'impact direct (pénétration) ainsi qu'à l'égard de l'impact indirect lié aux vibrations induites.

Ces objectifs peuvent être traités en dimensionnant le bâtiment du réacteur, le bâtiment du combustible usé et certains bâtiments auxiliaires (de manière à assurer sans redondance la protection des équipements nécessaires pour arrêter le réacteur et empêcher la fusion du cœur) avec les diagrammes de chargement en fonction du temps C1 et C2 ».

□

Nota : les diagrammes de chargement C1 et C2 définis dans les Directives Techniques sont identiques à ceux définis dans la décision ASN [Réf \[2\]](#).

1.1.4. RÈGLE FONDAMENTALE DE SÛRETÉ

La RFS 1.2.a [Réf \[4\]](#) précise :

« Les caractéristiques de l'aviation en France conduisent à considérer que très généralement, et sous réserve de vérification à effectuer cas par cas, ces règles impliquent la prise en compte de la chute d'un avion de l'aviation générale. Pour cela il est admis de considérer deux types d'avions jugés représentatifs des différentes catégories d'avions de l'aviation générale: CESSNA 210 monomoteur de 1,5 tonne et LEAR JET 23 bimoteur de 5,7 tonnes. Tous deux sont supposés heurter les installations à 100 m/seconde. »

Les Directives Techniques [Réf \[3\]](#) fixent globalement un objectif probabiliste pour l'ensemble des agressions (A.2.5). Elles prescrivent de plus pour la chute d'avion une approche déterministe basée sur les diagrammes charge-temps C1 et C2 représentant la chute d'un avion militaire à utiliser pour le bâtiment du réacteur (BR), le bâtiment du combustible (BK) et certains bâtiments auxiliaires (F2.2.2). L'objectif de la RFS numéro 1.2.a reste applicable à l'EPR, néanmoins, la démarche de conception retenue découlant notamment des directives techniques, est plus contraignante.

Pour l'EPR, la démarche générale d'amélioration significative de la sûreté a conduit à considérer le risque aérien dans sa totalité (à savoir militaire et commercial) indépendamment de la probabilité d'occurrence de l'événement. La protection de l'installation est assurée de manière déterministe soit par **séparation géographique** soit par l'existence d'un **écran physique** □ .

Conformément aux Directives Techniques, la protection par écran des systèmes de sûreté doit être considérée :

- à l'égard de l'**impact direct** (pénétration),
- ainsi qu'à l'égard de l'**impact indirect** (vibrations induites).

1.1.5. CODE DE CONCEPTION

L'ETC-C est applicable (cf. section 1.6.2) au dimensionnement des ouvrages de génie civil. Il définit, pour les bâtiments qui doivent être dimensionnés vis-à-vis de ce cas de charge, et pour les combinaisons de chargements à prendre en compte, les critères à considérer.

1.2. PROTECTION AVION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE L'AGRESSION

1.2.1. CAS DE L'AVIATION MILITAIRE

Les bâtiments permettant à l'installation d'assurer les 3 fonctions fondamentales de sûreté et bénéficiant d'une protection sont :

- le bâtiment réacteur,
- le bâtiment combustible,
- les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde,
- les locaux contenant les vannes d'isolement des tuyauteries eau et vapeur,
- les bâtiments contenant les diesels,
- la station de pompage,
- l'ouvrage de rejet.

Dans le cadre de l'aviation militaire qui constitue le cas de charge initial, l'orientation retenue au niveau de la protection de l'installation vis-à-vis de l'impact direct est la suivante :

S'agissant de l'îlot nucléaire :

□

S'agissant de la station de pompage :

□

S'agissant de l'ouvrage de rejet :

□

Nota : conformément aux Directives Techniques [Réf \[3\]](#), compte tenu des dispositions présentées ci-dessus assurant une séparation géographique des équipements redondants non protégés,

□

1.2.2. CAS DE L'AVIATION GÉNÉRALE

Les diagrammes de chargement de l'aviation générale étant largement enveloppés par ceux de l'aviation militaire (cf. figure [FIG-3.3.3.3](#)) il n'y a pas lieu de faire des études spécifiques pour ces cas de charge (les structures prenant déjà en compte les cas de charge de l'aviation militaire).

1.3. PROTECTION AVION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE L'AGRESSION

Suite à la chute d'un avion, l'objectif est de garantir que les fonctions de sûreté des systèmes et des matériels nécessaires pour limiter les conséquences radiologiques ne sont pas affectées de manière inacceptable.

L'approche retenue pour EPR consiste à retenir, en plus de la protection physique décrite au [§ 1.2.](#), une qualification des équipements nécessaires à l'atteinte de l'état sûr du réacteur et à la prévention de la fusion du cœur à des mouvements induits sollicitant au moins aussi sévères que ceux engendrés par cette agression.

L'installation générale du réacteur présente de ce point de vue des caractéristiques permettant de minimiser les effets indirects de l'agression .

1.4. CUMULS

L'Aléa « Dégradation d'Ouvrage et de Canalisation » considère l'initiateur chute d'avion (Voir section 3.3.5 relative à l'inondation externe).

L'incendie potentiellement induit par la chute d'un avion est considéré mais ne conduit pas à la réalisation d'étude particulière. .

1.5. CAS DE CHARGE

Les cas de charge pris en compte pour le dimensionnement de la protection de l'installation contre les chutes d'avion sont définis, conformément au décret [Réf \[1\]](#), en considérant, d'une part, le trafic de l'aviation générale et son évolution prévisible et, d'autre part, par convention, la chute accidentelle d'un avion militaire. Ils sont présentés dans les paragraphes suivants.

1.5.1. DIAGRAMME DE CHARGEMENT « AVIATION MILITAIRE »

La définition des cas de charge retenus pour la protection des bâtiments protégés contre la chute accidentelle d'un avion militaire est issue des Directives Techniques [Réf \[3\]](#) qui précisent :


« La protection des systèmes de sûreté doit être considérée à l'égard de l'impact direct (pénétration) ainsi qu'à l'égard de l'impact indirect lié aux vibrations induites.

Ces objectifs peuvent être traités en dimensionnant le bâtiment du réacteur, le bâtiment du combustible usé et certains bâtiments auxiliaires (de manière à assurer sans redondance la protection des équipements nécessaires pour arrêter le réacteur et empêcher la fusion du cœur) avec les diagrammes de chargement en fonction du temps C1 et C2 présentés sur la figure F.2 ([FIG-3.3.3.1](#)), appliqués à une aire circulaire de 7 m² de la manière suivante :

- 1) Le diagramme de chargement en fonction du temps C1 doit être utilisé pour le dimensionnement des structures internes de ces bâtiments contre les vibrations induites, en supposant un comportement linéaire élastique du matériau et un impact au centre de chaque voile de protection externe. Pour éviter des excitations extrêmes, un découplage des structures internes des parois externes doit être utilisé. Autant que possible, la fixation de systèmes et de composants sur les voiles externes devrait être évitée. Les spectres de réponse correspondants à considérer pour la conception des équipements ne doivent être calculés que pour les éléments structuraux principaux de ces bâtiments.*
- 2) Concernant la protection contre la pénétration, le diagramme de chargement en fonction du temps C1 doit être utilisé pour le dimensionnement des parois externes des mêmes bâtiments*

contre les chargements résultant d'un impact direct, de manière à assurer qu'il n'y aura ni pénétration ni écaillage et que les déformations (armatures, béton) seraient limitées.

- 3) En outre, le diagramme de chargement en fonction du temps C2 doit être utilisé pour le dimensionnement à l'état limite ultime (selon l'Eurocode 2, partie 1) ² :
- a) du bâtiment du réacteur de manière à assurer que la perforation est évitée et que l'écaillage qui pourrait survenir ne compromettrait pas l'arrêt du réacteur et la prévention de la fusion du cœur,
 - b) du bâtiment du combustible usé de manière à assurer l'absence de découverture du combustible usé. »

Ces chargements ont été confirmés comme étant les chargements minimum à considérer pour la conception des bâtiments  dans la décision de l'ASN [Réf \[2\]](#).

Ils sont également retenus pour les parties bunkérisées de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet.

1.5.2. DIAGRAMME DE CHARGEMENT « AVIATION GÉNÉRALE »

Conformément à la RFS [Réf \[4\]](#), il est admis de considérer, pour la prise en compte de la chute d'un avion de l'aviation générale, deux types d'avions jugés représentatifs des différentes catégories d'avions de l'aviation générale :

- le CESSNA 210 (monomoteur de 1,5 tonne),
- le LEARJET 23 (bimoteur de 5,7 tonnes).

Tous deux sont supposés heurter les installations à 100 m/seconde.

Le chargement à prendre en compte est représenté par une force en fonction du temps présentée sur la figure [FIG-3.3.3.2](#).



Cette force est  :



2. ANALYSE DE SÛRETÉ

Les paragraphes ci-après présentent les éléments de méthode et les analyses de sûreté permettant de vérifier le niveau de protection de l'installation contre les chutes d'avion accidentelles.

Compte tenu des exigences de sûreté applicables présentées au [§ 0](#), et des bases de conception présentées au [§ 1](#), cette approche comporte :

- Un volet déterministe : vérification de la protection des ouvrages protégés  et des équipements associés, vérification de la protection par séparation géographique. Les méthodologies d'analyse, les critères retenus ainsi que les hypothèses retenues pour la localisation des impacts sur les différents ouvrages concernés sont présentés.
- Un volet probabiliste : évaluation du risque de conséquences inacceptables compte tenu de la protection mise en place .
- Une analyse complémentaire pour le cas de la .

2. La définition de l'état ultime limite dans l'Eurocode 2, partie 1, est « associée à l'effondrement ou aux autres formes de défaillance de structure qui peuvent mettre en danger la sécurité des personnes ». Ainsi la démonstration relative à ce paragraphe peut tenir compte des murs de protection autres que les parois externes du bâtiment du réacteur et du bâtiment du combustible usé.

2.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE

2.1.1. VOLET DETERMINISTE

2.1.1.1. STRUCTURES - MÉTHODOLOGIE ET CRITÈRES RETENUS

2.1.1.1.1. AVIATION GÉNÉRALE

Les justifications associées à la vérification du bon dimensionnement des structures qui assurent le rôle de protection [] concernent :

- la stabilité du bâtiment, étudiée à l'aide des modèles utilisés pour les calculs sismiques,
- la résistance des parements exposés.

Critères retenus :

Les exigences de comportement définies pour les structures concernées découlent des exigences de sûreté définies dans la section 3.5.0. Elles sont précisées dans les tableaux 3.5.0 TAB 1 et 3.5.0 TAB 2.

S'agissant de l'agression « chute d'avion » les exigences de comportement retenues pour les structures concernées sont :

- La résistance de la paroi béton [] ;
- La résistance partielle de la paroi béton [].

Elles se déclinent de la manière suivante (comportement lié à la stabilité), pour l'aviation générale.

Les calculs élastoplastiques sont autorisés, avec le respect des critères de déformation maximale suivants :

- pour les armatures : allongement < 0,8%,
- pour le béton : raccourcissement < 0,35%.

Un dimensionnement dans le domaine plastique des matériaux est donc autorisé, le niveau de plasticité restant cependant très limité.

S'agissant de la perforation, en cohérence avec les bases de conception présentées au § 1.2.2., il doit être vérifié l'épaisseur minimale des voiles dimensionnés [].

2.1.1.1.2. AVIATION MILITAIRE

La démarche retenue pour justifier la stabilité mécanique des structures analysées consiste à vérifier, à l'aide de simulations aux éléments finis des structures soumises à un impact d'avion ou de la méthode d'ingénierie décrite dans l'ETC-C, que les sollicitations restent inférieures à certains critères de déformation et de déplacement.

La méthode ETC-C (annexe 1C) est basée sur une méthode analytique simplifiée (CEB) et permet d'étudier le comportement de différentes structures soumises à un choc de projectile déformable. Elle a été élaborée dans le cadre du projet EPR.

Les principes de la méthode CEB reposent sur un schéma de rupture privilégiant le mode de poinçonnement par rapport à la flexion. Ce modèle a été établi à partir de campagnes d'essais de perforation de dalles en béton armé. Ces essais, qui consistaient à projeter un cylindre sur une dalle en béton armé, ont fait apparaître les grandes caractéristiques du phénomène de perforation.

C'est donc un modèle particulièrement bien adapté au chargement de type avion militaire, projectile de « petite taille » et très perforant.

Le schéma de rupture observé se caractérise par les éléments suivants :

- un cratère dû à l'écaillage du béton d'enrobage de la face sous l'impact ;
- un trou cylindrique dans lequel on peut observer les aciers directement concernés par le choc, repliés, encastrés dans la paroi de ce cylindre et rompus en traction ;
- un cône de béton disloqué dans lequel le projectile a pénétré.

A partir de cette description du phénomène de poinçonnement, la cible est représentée par deux voire trois masses reliées entre elles par des ressorts élastoplastiques.

Critères retenus :

Les exigences de comportement définies pour les structures concernées découlent des exigences de sûreté définies à la section 3.5.0. Elles sont précisées dans les tableaux 3.5.0 TAB 1 et 3.5.0 TAB 2.

S'agissant de l'agression « chute d'avion », les exigences de comportement retenues pour les structures concernées sont :

- La résistance de la paroi béton [1].
- La résistance partielle de la paroi béton [1].

Elles se déclinent de la manière suivante (comportement lié à la stabilité), pour l'aviation militaire.

En ce qui concerne les matériaux, les critères de déformation pris en compte sont définis dans l'ETC-C (cf. section 1.6.2). Pour un chargement de type C2, les exigences et critères sont les suivants :

Pour la structure :

- Pas de perforation ni de poinçonnement de la structure.
- Les projectiles secondaires sont tolérés s'il y a une dalle de béton d'au moins 20 cm située entre la zone d'impact et le premier équipement devant être physiquement protégé (cas avec barrière secondaire). En l'absence de dalle, seuls les écaillages de flexion sont tolérés.

Pour les matériaux :

- Déformation limite du béton : ϵ_{cu} (compression) = - 0,5% ; la résistance du béton en compression est majorée et prise égale à 1,2 f_c pour tenir compte de l'état de contrainte bi-axial et instantané du béton.
- Déformation limite des aciers passifs : $\epsilon_s = \epsilon_{uk} = 5\%$ (pour les aciers [1]), mais les déformations des aciers d'effort tranchant ne sont pas limitées (notamment aux limites du cône de béton) et les aciers longitudinaux reprennent l'effort par un travail en filet.

2.1.1.2. ÉQUIPEMENTS – APPROCHE RETENUE

Comme indiqué au § 0.6., les équipements permettant de rejoindre un état sûr et d'y maintenir l'installation après l'agression doivent être qualifiés pour des mouvements sollicitant au moins aussi sévères que ceux engendrés par cette agression. Pour une majorité de planchers, la façon de procéder à cette démonstration est de s'assurer que les spectres des mouvements engendrés par l'agression sont couverts par les spectres sismiques.

En pratique :

- Pour les matériels mécaniques, on s'assure que les spectres de mouvements sont enveloppés par les spectres sismiques.
- Pour les matériels électriques, on s'assure que les spectres de mouvement sont enveloppés par les spectres de qualification présentés dans le « Cahier des règles techniques » Réf [5] sur toute la gamme de fréquence.

Dans le cas contraire, il est vérifié que les équipements (mécaniques ou électriques) sont qualifiés à des spectres enveloppes des sollicitations dynamiques induites par l'agression.

2.1.1.3. CHARGEMENT – APPROCHE RETENUE POUR LA LOCALISATION DES IMPACTS

2.1.1.3.1. APPROCHE GÉNÉRALE

Les diagrammes de chargement (C1, C2), présentés au § 1.1.2., sont appliqués de manière conventionnelle sur les structures concernées, en considérant les hypothèses suivantes :

- une surface d'impact \square de \square m² a été retenue,
- les impacts sont supposés se produire \square ,
- utilisation du diagramme de chargement C1 pour le dimensionnement des structures internes et des équipements aux vibrations induites (effets indirects),
- utilisation du diagramme de chargement C2 pour la vérification de la résistance locale ultime de la paroi externe à la perforation (effets directs).

Les points d'impacts au niveau desquels sont appliqués ces diagrammes de chargement, sont définis de manière conventionnelle en distinguant pour les différents ouvrages concernés :

- les impacts retenus pour le dimensionnement des structures internes et des équipements des bâtiments protégés contre les vibrations induites,
- les impacts retenus pour la vérification de la résistance ultime locale des parois externes des bâtiments protégés contre les effets directs de la chute d'avion.

Dans les deux cas, il s'agit d'un ensemble de points d'impact jugés représentatifs des différents effets de l'agression sur l'installation, sachant par ailleurs que sont valorisés :

\square

2.1.1.3.2. CAS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE

Les points d'impacts au niveau desquels sont appliqués les diagrammes de chargement, sont définis de manière conventionnelle de la manière suivante :

\square

Note : Compte tenu des effets de site (Cf. § 2.1.1.3.1.), un impact sur le voile principal du BK, sur le voile latéral du BK ou sur les caissons inter-division de part et d'autre du BK n'est pas à retenir. Pour autant, des calculs aux éléments finis sont réalisés de manière conventionnelle pour vérifier le bon dimensionnement du voile principal et du voile latéral du BK \square^3 .

L'ensemble des points d'impact retenus pour l'îlot nucléaire est présenté à la figure [FIG-3.3.3.7](#).

2.1.1.3.3. CAS DE LA STATION DE POMPAGE

Les points d'impacts au niveau desquels sont appliqués les diagrammes de chargement, sont définis de manière conventionnelle de la manière suivante \square :

\square

L'ensemble des points d'impact retenus pour la station de pompage est présenté à la figure [FIG-3.3.3.8](#).

2.1.1.3.4. CAS DE L'OUVRAGE DE REJET

Les points d'impacts au niveau desquels sont appliqués les diagrammes de chargement, sont définis de manière conventionnelle de la manière suivante :

3. \square



L'ensemble des points d'impact retenus pour l'ouvrage de rejet est présenté à la figure [FIG-3.3.3.9](#).

2.1.2. Volet probabiliste

La vérification que l'approche générale de protection contre les chutes d'avion et les dispositions constructives retenues en conséquence sont suffisantes d'un point de vue probabiliste est réalisée en suivant une méthodologie similaire à celle utilisée pour d'autres réacteurs français à eau sous pression.

Trois familles d'agressions sont définies par la RFS I.2.a pour l'estimation du risque de chute d'avion :

- l'aviation générale (avion de masse inférieure à 5,7 tonnes),
- l'aviation commerciale,
- l'aviation militaire.

L'agression de chacune de ces familles est envisagée sur une « cible » constituée par l'ensemble des structures et équipements nécessaires aux trois fonctions de sûreté suivantes :

- arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle,
- stockage du combustible usé,
- traitement et confinement des effluents radioactifs.

Lorsqu'il n'est pas possible d'étudier les conséquences de l'agression sur une portion de cible, on prend en compte par conservatisme le bâtiment qui l'abrite.

La méthodologie pour l'estimation du risque de chute d'avion est présentée dans la note référencée [Réf \[7\]](#). La formulation pour l'évaluation du risque introduit la notion de surface virtuelle du ou des bâtiments abritant les fonctions de sûreté : cette surface correspond à la projection sur le sol de la surface apparente du bâtiment suivant les directions possibles de chute des avions.

L'ordre de grandeur, donné par la RFS I.2.a, de la probabilité limite pour accepter l'éventualité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site, pour chacune des fonctions de sûreté est de 10^{-6} /an / tranche.


Toutefois, pour tenir compte de la sommation nécessaire des probabilités d'accidents aux conséquences analogues, on se fixe pour chaque famille d'agressions un ordre de grandeur de la probabilité d'occurrence de l'évènement pour chacune des fonctions de sûreté de 10^{-7} / an / tranche.

Le dépassement d'un des seuils fixés par la RFS nécessite la mise en place de mesures complémentaires de protection afin de ramener le risque à un niveau acceptable.

2.2. ANALYSE

2.2.1. VOLET DETERMINISTE

2.2.1.1. VÉRIFICATION DU DIMENSIONNEMENT : STRUCTURES

Les études des structures soumises à l'impact suite à la chute accidentelle d'un avion militaire sont présentées dans les notes référencées [Réf \[10\]](#), [Réf \[11\]](#) et [Réf \[12\]](#). Ces études confirment que les dispositions constructives retenues pour le dimensionnement des structures  sont suffisantes.

2.2.1.2. VÉRIFICATION DU DIMENSIONNEMENT : VIBRATIONS INDUITES

Les études de vibrations induites suite à la chute accidentelle d'un avion militaire sont présentées dans les études référencées [Réf \[9\]](#), [Réf \[11\]](#) et [Réf \[12\]](#). Ces études présentent les spectres d'ébranlement induits par l'agression.

L'analyse de ces spectres, présentées dans les notes référencées [Réf \[13\]](#), [Réf \[14\]](#) et [Réf \[15\]](#) :

- confirme que les spectres de vibrations auxquels sont soumis les équipements permettant de rejoindre et de maintenir l'installation en état sûr après l'agression sont enveloppés par les spectres sismiques de planchers pris en compte pour le dimensionnement ou la qualification des équipements,
- ou apporte les éléments permettant de vérifier que les équipements (mécaniques ou électriques) sont qualifiés à des spectres enveloppes des sollicitations dynamiques induites par l'agression.

2.2.2. VOLET PROBABILISTE

La protection des trois fonctions de sûreté vis-à-vis de tous les types d'aviation est assurée conformément au [§ 1.2.](#)

□

L'étude référencée [Réf \[8\]](#) concernant « l'évaluation des risques dus à l'environnement aéronautique de Flamanville 3 » confirme que les résultats de l'évaluation du risque de dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site dû au trafic aérien respectent les valeurs limites définies dans la RFS I.2.a.

2.2.3. ANALYSE COMPLÉMENTAIRE □

□

2.2.4. DISPOSITIONS VALORISEES

□ Aucune disposition matérielle passive, ni disposition organisationnelle n'est valorisée (Cf. [Réf \[17\]](#), [Réf \[18\]](#) et [Réf \[19\]](#)).

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Décret n°2007-534 du 10 avril 2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche)

[2] Décision n°2008-DC-0114 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 septembre 2008 fixant à Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) les prescriptions relatives au site électronucléaire de Flamanville (Manche) pour la conception et la construction du réacteur « Flamanville 3 » (INB n°167) et pour l'exploitation des réacteurs « Flamanville 1 » (INB n°108) et « Flamanville 2 » (INB n°109)

[3] Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression - Courrier DGSNR/SD2/ n°0729/2004 du 28/09/04

[4] Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) I.2.a : Prise en compte des risques liés aux chutes d'avions

[5] Cahier des Règles Techniques « Tenue aux séismes des matériels - Dispositions génériques pour l'essai bi-axial par accélérogrammes » Réf. CRT 91 C 11200

[6] Eurocode 2 : Actions sur les structures – Partie 1-1 : actions générales – poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments - NF EN 1992-1-1 Décembre 2004

[7] Note EDF D305515028523B « Méthodologie d'évaluation du risque aérien pour les CNPE CP0/CPY/P4/P'4/N4 »

[8] Note EDF D305515012678B « Evaluation des risques liés à l'environnement aéronautique du CNPE de Flamanville »

[9] Note EDF ENGSDS100054A « EPR FA3 – Spectre d'ébranlement de l'îlot nucléaire sous chargement « aviation militaire »

[10] Note SPI G-B 152.1/G4 «  »

[11] Note EDF ENGSDS100065A « Vérification du dimensionnement de l'ouvrage de rejet vis-à-vis de la chute accidentelle d'un avion militaire »

[12] Note EDF ENGSDS100066A « EPR FA3 – Vérification du dimensionnement de la station de pompage vis à vis de la chute accidentelle d'un avion militaire »

[13] Note EDF ECEIG111440C « Note de synthèse des études de tenue à l'ébranlement des matériels  »

[14] Note EDF D305214006192F « Justification de la qualification des équipements du BOP requis à l'ébranlement »

[15] Note EDF ECEIG141496A « Analyse générique des spectres d'ébranlement « variante 1 » sur les équipements de l'EPR FA3 »

[16] D305116021945G - EPR FA3 – Note de synthèse des dispositions agressions de l'îlot nucléaire (et CI-BOP pour incendie et explosion externe)



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.3

PAGE 17/26

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

[17] ECEIG132532K - Dispositions matérielles passives et organisationnelles valorisées dans les études d'agressions de l'îlot nucléaire.

[18] D305215003762B - Synthèse des analyses d'exigences fonctionnelles pour les systèmes élémentaires valorisés dans les études d'agression de l'IC/BOP

[19] D305214012186H - Dispositions matérielles ou organisationnelles valorisées dans les études d'agression du CI/BOP

FIG-3.3.3.1 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION MILITAIRE

□

□

FIG-3.3.3.2 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION GÉNÉRALE

**FIG-3.3.3.3 COURBES DE CHARGEMENT POUR L'AVIATION
GÉNÉRALE COMPARÉE À CELLES RETENUES POUR L'AVIATION
MILITAIRE**

□

**FIG-3.3.3.4 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES
OUVRAGES (ÎLOT NUCLÉAIRE)**

**FIG-3.3.3.5 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES
OUVRAGES (STATION DE POMPAGE)**

□

□

□

**FIG-3.3.3.6 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION PHYSIQUE DES
OUVRAGES (OUVRAGE DE REJET)**

□

□

**FIG-3.3.3.7 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (ÎLOT
NUCLÉAIRE)**

FIG-3.3.3.8 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (STATION DE POMPAGE)

FIG-3.3.3.9 LOCALISATION DES POINTS D'IMPACTS (OUVRAGE DE REJET)

SOMMAIRE

.3.3.4 PROTECTION CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION - EXPLOSION

EXTERNE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. IDENTIFICATION DU RISQUE	3
0.2. OBJECTIFS DE SURETÉ	3
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ- DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES – NORMES	3
1. BASES DE CONCEPTION	4
1.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX	4
1.2. PARAMÈTRES DE DIMENSIONNEMENT	4
1.3. CUMULS	5
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	5
2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	5
2.1.1. DISPOSITIONS PRISES VIS-À-VIS DE L'EXPLOSION EXTERNE POUR LES BÂTIMENTS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE, LA STATION DE POMPAGE ET L'OUVRAGE DE REJET DE FLAMANVILLE 3 (VOLET DÉTERMINISTE)	5
2.1.2. AGRESSIONS LIÉES À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION (VOLET PROBABILISTE)	6
2.2. ANALYSE	8
2.2.1. DISPOSITIONS PRISES VIS À VIS DE L'EXPLOSION EXTERNE (VOLET DÉTERMINISTE)	8
2.2.2. AGRESSIONS LIÉES À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION (VOLET PROBABILISTE)	11
2.2.3. RÉSULTATS DE L'EVALUATION PROBABILISTE	12
2.3. RISQUES LIÉS À L'EXPLOITATION DE FLAMANVILLE 1 ET FLAMANVILLE 2	13
2.4. CONCLUSION	14
LISTE DES RÉFÉRENCES.	15

TABLEAUX :

TAB-3.3.4.1 IDENTIFICATION DES SCÉNARII D'EXPLOSION (AVEC OU SANS DÉRIVE) D'UN NUAGE EXPLOSIBLE NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE	16
TAB-3.3.4.2 IDENTIFICATION DES SCÉNARII D'EXPLOSION SUR PLACE NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE	17
TAB-3.3.4.3 IDENTIFICATION DES SCÉNARII DE DÉRIVE DE NUAGE TOXIQUE NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE	18
TAB-3.3.4.4 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII D'EXPLOSION (AVEC OU SANS DÉRIVE) D'UN NUAGE EXPLOSIBLE	19
TAB-3.3.4.5 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII D'EXPLOSION DE SOLIDES OU DE GAZ CONFINÉS	21
TAB-3.3.4.6 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII DE DÉRIVE DE NUAGE TOXIQUE.....	24

FIGURES :

FIG-3.3.4.1 CAS DE CHARGE STANDARD REPRÉSENTATIF DE L'ONDE INCIDENTE	25
---	-----------

.3.3.4 PROTECTION CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION - EXPLOSION EXTERNE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. IDENTIFICATION DU RISQUE

Les installations industrielles et les voies de communication qui peuvent présenter un risque pour la tranche sont identifiées. Les risques à prendre en compte sont :

- Explosion : onde de compression, mouvements du sol, missiles, etc.
- Incendie hors du site : effets de radiance, fumées.
- Mouvement de gaz toxiques, corrosifs ou radioactifs.

Trois familles de sources de risques sont prises en compte :

- Les installations industrielles fixes comme les installations de stockage ou de production.
- Les réseaux de carburant ou de gaz.
- Les voies de communication routières, ferroviaires, fluviales ou maritimes.

0.2. OBJECTIFS DE SURETÉ

Sont considérés comme des cibles, tous les ouvrages de génie civil et les matériels qui sont nécessaires aux fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- Arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle.
- Stockage du combustible usé.
- Traitement et confinement des effluents radioactifs.

En règle générale, des dispositions de conception doivent être prises à l'égard des agressions externes de manière cohérente avec celles prises pour les événements internes et les agressions internes.

L'objectif général des dispositions de conception est de garantir que les fonctions de sûreté des systèmes et des équipements qui sont nécessaires pour amener la tranche dans un état d'arrêt sûr et pour éviter et limiter les rejets radioactifs ne sont pas affectées de manière inadmissible par une agression externe.

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE - RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ- DIRECTIVES TECHNIQUES - CODES – NORMES

Tous les textes réglementaires, les règles fondamentales de sûreté, les codes normes applicables ainsi que leur référence sont identifiés respectivement aux sous-chapitres 1.7 et 1.6. Concernant l'environnement industriel et les voies de communication, les objectifs et les principes de sûreté pour la vérification sont définis dans la Règle Fondamentale de Sûreté I.2.d.

Toutes les directives techniques sont identifiées au sous-chapitre 1.7. Concernant les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, les objectifs généraux de sûreté sont ceux associés aux agressions externes et sont exprimés dans les Directives Techniques § A2.5. Les cas de charge à utiliser pour le dimensionnement sont définis dans les Directives Techniques §F2.2.3 : « Concernant les explosions externes, il est nécessaire de prendre en compte, pour le dimensionnement des tranches électronucléaires de la prochaine génération, comme chargement standard en fonction du temps une onde de pression de forme triangulaire à front raide avec une surpression maximale de 100 mbar et une durée de 300 ms. C'est-à-dire que, en tenant compte des réflexions possibles sur les

parois et les toits des bâtiments, le chargement en fonction du temps sur les parois des bâtiments consistera en une onde de surpression maximale de 200 mbar sur les parois planes ». Les objectifs de sûreté de l'EPR sont plus restrictifs que ceux exprimés dans la Règle Fondamentale de Sûreté I.2.d. Les cas de charge de dimensionnement EPR sont supérieurs à ceux présentés dans la RFS I.2.d.

Cette agression fait également l'objet, pour Flamanville 3, de la prescription technique INB167-43 (décision ASN n°2008-DC-114).

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX

Le dimensionnement prend en compte le risque d'explosion externe sur la base des Directives Techniques § F.2.2.3. Pour la dérive de nappes de gaz (toxiques, corrosifs ou radioactifs), une analyse au cas par cas est effectuée et, le cas échéant, des dispositions constructives sont adoptées pour se protéger contre ce risque (conception de systèmes appropriés de ventilation en circuit fermé ou de filtration).

La conception de la tranche vis-à-vis du risque d'explosion externe retient un cas de charge standard appelé Onde de Compression d'Explosion. Elle entre dans la conception des bâtiments suivants (voir section 3.5.0 du RDS) :

- Bâtiment Réacteur (BR),
- Bâtiment Combustible (BK),
- Bâtiments de Sauvegarde (BAS),
- Bâtiments Diesels (DB),
- Station de Pompage,
- Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN),
- Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE).

1.2. PARAMÈTRES DE DIMENSIONNEMENT

Le cas de charge standard représentatif de l'onde incidente, retenue pour le dimensionnement, est une onde de surpression triangulaire avec un front raide, atteignant une surpression maximale de 10 kPa et de durée 300 ms (voir [FIG-3.3.4.1](#)). Elle représente une onde détonante. La détonation est supposée se produire sur le lieu de l'accident, c'est-à-dire au niveau des voies de transport ou des installations industrielles fixes. L'onde de référence est supposée arriver selon une direction horizontale.

Cette onde de surpression incidente couvre, en termes de sollicitation sur les structures, l'onde d'une déflagration sur le site : la déflagration considérée tient compte du fait que le nuage de gaz doit se déplacer vers la tranche, aussi improbable que cela puisse être, et avoir une vitesse de front relativement élevée, d'environ 90 m/s causant une onde avec une pression statique de 10 kPa.

La sollicitation appliquée aux parois tient compte des effets de réflexion et de concentration, sans supposer de composante horizontale préférentielle pour l'onde de référence.

Sur les parois planes, la prise en compte des réflexions et concentrations conduit à retenir une onde de surpression de 200 mbar au maximum. Plus précisément :

- De par la direction horizontale de l'onde incidente, un éventuel effet de réflexion sur les parois sera pris en compte selon un facteur de 2,0.
- Pour les toits, trois cas de figure sont considérés. Les indications générales mentionnées ci-dessus pour les toits sont divisées en 3 cas :

- Il existe des bâtiments plus élevés avec des parois planes : la surpression maximum sera égale à 1,5 fois la valeur maximale de l'onde de surpression incidente.
- Il existe des bâtiments plus élevés avec des parois rondes et cylindriques : la surpression maximum sera égale à 1,0 fois la valeur maximale de l'onde de surpression incidente, car la réflexion est plus diffuse.
- Il n'existe pas de bâtiments plus élevés : aucune réflexion ne sera prise en compte. La surpression maximum sera égale à 1,0 fois la valeur maximale de l'onde de surpression incidente.

La durée de la surpression sur les parois verticales est supposée au moins égale à la moitié de l'onde de surpression incidente.

On suppose que la durée de la surpression sur les toits exposés à des réflexions provenant de bâtiments plus élevés est égale à celle de l'onde de surpression incidente.

1.3. CUMULS

Les agressions externes liées à l'environnement industriel ou aux voies de communication ne sont pas cumulées avec des événements indépendants (un séisme par exemple) compte tenu de la faible probabilité résultante.

L'Aléa « Dégradation d'Ouvrage et de Canalisation » (voir section 3.3.5, relative à l'inondation externe) considère l'explosion externe.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

Les paragraphes ci-après présentent les éléments de méthode et les analyses de sûreté permettant de vérifier le niveau de protection des bâtiments, structures et équipements nécessaires aux trois fonctions de sûreté définies dans la RFS 1.2.d contre l'explosion externe accidentelle et les autres risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication.

Compte tenu des exigences de sûreté applicables présentées au § 0. et des bases de conception présentées au § 1., cette approche comporte :

- Un volet déterministe : vérification de la protection des bâtiments, structures et équipements au chargement représentatif de l'explosion externe.
- Un volet probabiliste : évaluation du risque de conséquences inacceptables compte tenu de la protection effective des bâtiments, structures et équipements vis-à-vis de l'explosion externe et des autres risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication (incendie et nuage toxique).

2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE

2.1.1. Dispositions prises vis-à-vis de l'explosion externe pour les bâtiments de l'îlot nucléaire, la station de pompage et l'ouvrage de rejet de Flamanville 3 (volet déterministe)

Le chargement résultant d'une explosion externe est caractérisé par le cas de charge standard défini au § 1.2., à savoir une onde de surpression incidente de forme triangulaire à front raide de surpression maximale de 10 kPa et de durée 300 ms. Cette onde est supposée arriver selon une direction horizontale, sans privilégier de composante horizontale préférentielle. Les réflexions et concentrations sont prises en compte au niveau des parois des bâtiments selon les indications du § 1.2..

Afin de respecter les objectifs de sûreté, les structures et matériels relatifs aux trois fonctions de sûreté décrites dans le § 0.2. doivent soit être protégés de l'onde de pression, soit être dimensionnés pour y résister. Les bâtiments constituent la principale protection.

Il est donc nécessaire de vérifier la tenue des bâtiments abritant les équipements requis pour le maintien des trois fonctions de sûreté et en particulier la tenue des ouvertures (accès et ventilations).

Toutes les superstructures des bâtiments classés C1 (au titre des fonctions de sûreté qu'ils abritent, et/ou de leur fonction de confinement radiologique) sont dimensionnés en considérant le cas de charge de l'explosion externe.

Ils constituent donc une barrière à l'onde de pression permettant de protéger les équipements qui se situent à l'intérieur. Le périmètre protégé par la superstructure des bâtiments est appelée « zone de protection ». Il s'agit donc d'une zone dans laquelle l'onde de pression ne peut pas se propager.

Afin de s'assurer de l'intégrité de la zone de protection, toutes les ouvertures (portes, prises d'air, exutoires, etc.) présentes dans le génie civil et situées en périphérie de la zone de protection doivent donc :

- soit être dimensionnées pour résister à l'onde de pression (cas des portes),
- soit être protégées par des dispositifs anti-souffle (clapet anti-souffle par exemple) lorsqu'il s'agit d'une ouverture ne pouvant être refermée (cas des prises d'air pour les systèmes de ventilation).

Lorsque des ouvertures ne peuvent pas être protégées, les locaux subissant l'onde de pression sont alors exclus de la zone de protection.

Les équipements nécessaires aux trois fonctions de sûreté qui se situent en dehors de la zone de protection, que ce soit à l'extérieur d'un bâtiment ou à l'intérieur mais dans un local subissant l'onde de pression, doivent faire l'objet de dispositions particulières :

- soit être dimensionnés en considérant le niveau de surpression générée par la propagation d'une onde dont les caractéristiques initiales permettent de respecter les objectifs de sûreté,
- soit faire l'objet d'une étude particulière afin de s'assurer que l'impact de l'onde de pression ne remet pas en cause les objectifs de sûreté.

A noter que lorsque l'onde de pression peut pénétrer à l'intérieur des bâtiments, celle-ci peut donner lieu, dans les différents locaux, à des ondes résiduelles dont les caractéristiques globales (temps de montée, amplitude et durée) varient essentiellement avec le trajet suivi par l'onde jusqu'au local considéré et avec les dimensions du local. Ce sont en fait des superpositions d'ondes multiples, réfléchies et amorties, et à front de montée de plus en plus incliné.

2.1.2. Agressions liées à l'environnement industriel et aux voies de communication (volet probabiliste)

La vérification que l'approche générale de protection contre les agressions liées à l'environnement industriel et aux voies de communication et les dispositions constructives retenues en conséquence sont suffisantes d'un point de vue probabiliste est réalisée en suivant une méthodologie similaire à celle utilisée pour d'autres réacteurs français à eau sous pression.

2.1.2.1. Agressions retenues

Les agressions retenues depuis les installations industrielles ou les voies de communication sont les suivantes :

- l'incendie : flux thermique à courte distance, émission de fumées toxiques à plus longue distance,
- l'explosion d'un nuage de gaz dérivant ou non (explosion sur place), dont les dispositions prises sont décrites dans les [§ 2.1.1.](#) et [§ 2.2.1.](#) relatifs à l'explosion externe
- la dérive d'un nuage de produit toxique.

Les différentes agressions sont envisagées sur des cibles, constituées de l'ensemble des bâtiments, structures et équipements nécessaires aux trois fonctions de sûreté définies dans la RFS I.2.d :

- arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle,
- stockage du combustible usé,
- traitement et confinement des effluents radioactifs.

Lorsqu'il n'est pas possible d'étudier les conséquences de l'agression sur une portion de cible, on prend en compte par conservatisme le bâtiment qui l'abrite.

Le recensement des installations industrielles (ICPE) et des voies de communication est réalisé dans un rayon de 10 km autour de la centrale. Dans le cas particulier du transport maritime, on considère qu'un navire peut dériver depuis une route plus lointaine et créer, après sa dérive, une agression dans le périmètre de 10 km. Les voies maritimes en dehors du périmètre d'étude de 10 km sont donc aussi retenues.

Les produits dangereux sont sélectionnés en premier lieu à partir du code danger de la matière. Ne sont retenus que les produits présentant un 1 (risque d'explosion en masse), un 3 (risque d'inflammabilité) ou un 6 (risque toxique) dans leur code danger (cf. [Réf \[1\]](#)).

Plus particulièrement, par type d'agression :

- pour les scénarii d'incendie, tous les produits inflammables liquides (présence du chiffre 3 dans le code danger) sont retenus,
- pour les scénarii d'explosion avec dérive de nuage, sont retenus tous les produits facilement dispersables (produits gazeux). Les produits liquides dont la température d'ébullition est inférieure à 100°C sont également pris en compte (existence d'une phase gazeuse au-dessus du liquide). Pour le cas particulier du transport maritime, les produits liquides miscibles à l'eau ou de densité supérieure à 1 sont écartés,
- pour les scénarii d'explosion sur place (sans dérive de nuage) les produits retenus sont ceux de la classe 1 et ceux de la classe 3 (cuves mal dégazées),
- pour les scénarii de dérive de nuage toxique, le critère de sélection d'un produit est basé sur l'IDLH (Immediately Dangerous for Life or Health) qui doit être inférieure à 1000 ppm.

2.1.2.2. Méthodologie pour l'estimation du risque

Pour les scénarii d'incendie, on calcule le flux surfacique reçu par la cible. Le flux surfacique de référence est de 3 kW/m², seuil qui correspond à la limite des effets réversibles sur l'homme (seuil très conservatif pour des cibles matérielles). Si un incendie provoque un flux surfacique supérieur à 3 kW/m², l'étude probabiliste du scénario est alors nécessaire.

Pour les scénarii d'explosion, la distance d'impact est calculée. Elle correspond à la distance d'atteinte du seuil de surpression de 100 mbar, surpression maximale du cas de charge standard. Lorsque la distance d'impact est supérieure à la distance entre la source de l'accident et le bâtiment réacteur minorée de 200 m (distance entre le réacteur et la station de pompage), l'étude probabiliste est nécessaire. Dans le cas contraire, le risque peut être écarté et l'étude probabiliste du scénario n'est pas réalisée.

Pour les scénarii de dérive d'un nuage toxique, lorsque la distance atteinte par le nuage avec une concentration suffisante pour provoquer l'intoxication des opérateurs en salle de commande, l'étude probabiliste est nécessaire. Dans le cas contraire, le risque peut être écarté et l'étude probabiliste du scénario n'est pas réalisée.

L'analyse d'un scénario avec dispersion gazeuse (nuage explosible ou toxique) prend en compte les étapes suivantes :

- écoulement vers l'extérieur pouvant se faire sous forme liquide, gazeuse ou en brouillard diphasique,
- vaporisation instantanée due à la détente du produit libéré, formation et extension d'une nappe de liquide sur le sol ou sur l'eau, évaporation de cette nappe,

- dérive et dispersion atmosphérique du nuage gazeux ainsi formé,
- explosion du mélange ou intoxication des opérateurs en salle de commande,
- détermination de la distance d'impact qui correspond à la distance d'atteinte du seuil de surpression de 100 mbar (nuage explosible) ou à la distance atteinte par le nuage avec une concentration suffisante pour provoquer l'intoxication des opérateurs en salle de commande (nuage toxique).

Nota : Le seuil de 50 mbar représente le seuil minimal de référence retenu dans le cadre de la RFS I.2. d. Cependant la conception de l'enceinte réacteur et la protection envisagée des différentes fonctions de sûreté permet de repousser ce seuil à 100 mbar. Les résultats sont présentés pour 50 mbar.

Pour les scénarii d'explosion sur place, la surpression est calculée au moyen de l'équivalent TNT, sans faire intervenir de dérive de nuage au préalable.

L'analyse probabiliste consiste à évaluer la fréquence d'occurrence d'un accident tout en prenant en compte les fréquences d'occurrence des conditions météorologiques qui régissent la dispersion du nuage toxique ou explosif (cas de la dérive du nuage). Pour le transport maritime, l'équation intègre la probabilité de dérive du navire jusqu'à la zone d'échouage dans un temps de 12 h ([Réf \[2\]](#)).

Les équations retenues pour l'évaluation du risque d'agression de la centrale sont présentées dans les notes ([Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#)).

2.1.2.3. Exploitation des résultats

Les résultats probabilistes des scénarii sont sommés par famille de sources d'agressions (transport par canalisation, voies de communication, installations industrielles). Pour chaque famille, la probabilité d'agression est comparée au seuil fixé par la RFS I.2. d (en ordre de grandeur logarithmique) de 10^{-7} par an, par tranche pour chaque fonction de sûreté. La probabilité résultante (la somme des trois familles) ne doit pas dépasser l'objectif précisé par la RFS I.2. d (en ordre de grandeur logarithmique) de 10^{-6} par an, par tranche et par fonction de sûreté.

Le dépassement d'un des seuils fixés par la RFS nécessite la mise en place de mesures complémentaires de protection afin de ramener le risque à un niveau acceptable.

2.2. ANALYSE

2.2.1. Dispositions prises vis à vis de l'explosion externe (volet déterministe)

La démonstration de sûreté repose sur l'identification des dispositions prises pour mitiger les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication. Cette identification a été réalisée dans les [Réf \[7\]](#) et [Réf \[9\]](#). Ces dispositions permettent de se prémunir des effets de l'onde de pression induite par une explosion hors site, prenant en compte le cas de charge « explosion externe ». Les paragraphes suivants synthétisent les dispositions passives et organisationnelles valorisées vis-à-vis de l'explosion externe. A noter qu'aucune disposition active n'est valorisée (cf. [Réf \[7\]](#) et [Réf \[9\]](#)).

2.2.1.1. Dispositions générales

Les bâtiments à protéger sont les bâtiments classés de sûreté en catégorie 1 :

- le bâtiment réacteur (BR),
- les 4 divisions du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde-bâtiment électrique (BAS-BL),
- les bâtiments diesels (BD), et les galeries BD-BAS div 1 à 4 (HGA/B/C/D),
- le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), et la galerie BAN-BTE (HGQ),

- le bâtiment combustible (BK),
- le bâtiment de traitement des effluents (BTE),
- l'ouvrage de rejet (ODR),
- la station de pompage (SDP) et les galeries de liaison BAS-SDP (HGF/G/H/I).

Les superstructures des ouvrages classés de catégorie 1 sont dimensionnées en considérant le cas de charge de l'explosion externe (cf. sous-chapitre 3.5).

La cheminée du BAN et la tour d'accès sont également dimensionnées pour le cas de charge de l'explosion externe (cf. 3.2.2 tableau 5).

2.2.1.2. Portes

Portes du bâtiment combustible (BK), des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde-bâtiments électriques (BAS-BL), des bâtiments diesels (BD), de l'ouvrage de rejet (ODR) et de la station de pompage (SDP) :

Les portes des locaux abritant des systèmes classés F1 et donnant sur l'extérieur sont classées et dimensionnées pour tenir à l'onde de pression de l'explosion externe.

Portes du bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) et du bâtiment de traitement des effluents (BTE) :

Le BAN et le BTE n'abritent pas de matériels classés F1. Les portes de ces deux bâtiments n'ont pas de requis particulier vis-à-vis de l'explosion externe. La fonction « cuvelage » assurée par le génie civil n'est pas remise en cause.

2.2.1.3. Systèmes de ventilation

Prises d'air du système DFL (BK, BAS-BL, BD) :

Le système DFL, du fait de son classement NC n'a pas à être protégé contre l'explosion externe. Cependant, afin d'éviter toute propagation de l'onde de pression à l'intérieur de ces bâtiments, les entrées d'air du DFL dans ces bâtiments doivent l'être. Ainsi, les entrées d'air DFL sont protégées par des registres fermés résistant à l'onde de pression.

Registres DWK (BK) :

Les deux registres □ (situés dans la tour de manutention du BK), en position fermée hors période de manutention et résistants à l'onde de pression, permettent d'éviter la propagation d'une onde de pression à l'intérieur du bâtiment combustible.

Prises d'air des systèmes de ventilation DVL, DCL, DVD (BAS-BL, BD) :

Les systèmes de ventilation DVL, DCL, DVD sont classés F1 et doivent donc être protégés contre l'explosion externe. A ce titre, des clapets anti-souffle sont installés dans les prises d'air DVL et DVD (les bouches DCL sont situées dans le plenum DVL) pour protéger les circuits de l'onde de pression.

Prises d'air du système de ventilation DVP (SDP et ODR) :

Le système de ventilation DVP est classé F1 et doit donc être protégé contre l'explosion externe. A ce titre, des clapets anti-souffle sont installés au niveau des prises d'air DVP.

Prises d'air du système de traitement de l'eau de circulation :

Le système CTE (électrochloration de l'eau de mer) aspire de l'air en toiture de la station de pompage afin de balayer en air une bâche de dégazage H2. Le mélange d'air est ensuite extrait en toiture de la station de pompage. Afin d'éviter toute propagation de l'onde de pression à l'intérieur de la station de pompage, les matériels du CTE susceptibles de voir l'onde de pression sont robustes à cette dernière.

Systèmes de ventilation du BAN et du BTE :

Les systèmes de ventilation de ces bâtiments (DWN et DWQ) sont des systèmes partiellement classés de sûreté F2 au titre de la limitation des rejets en fonctionnement normal. La fonction « cuvelage » assurée par le génie civil n'est pas remise en cause.

Les ouvertures des systèmes de ventilation du BAN et du BTE n'ont pas à être protégées vis-à-vis de l'explosion externe.

2.2.1.4. Exutoires RIS (BAS 1 et 4)

Le système RIS est classé F1 (sauf les lignes en aval des soupapes accumulateurs qui sont NC).

Il existe au niveau \square m des BAS 1 et 4, des membranes d'éclatement en sortie de la cheminée de décompression RRA. Ces disques sont dimensionnés pour résister à l'onde de pression de l'explosion externe.

2.2.1.5. Casemates VVP et VDA (BAS 1 et 4)

Les systèmes VVP et VDA sont classés F1 et à ce titre doivent être protégés vis-à-vis de l'onde de pression.

Les superstructures des compartiments des stations VVP étant conçus pour résister à l'onde de choc d'une explosion, toute la partie classée de sûreté du VVP, à l'intérieur des casemates, est protégée contre cette agression.

Les silencieux VDA, situés en toiture, sont dimensionnés pour résister à l'onde de pression. Par ailleurs, ils constituent une barrière suffisante pour stopper l'onde de pression protégeant ainsi le reste du circuit VDA.

Les ouvertures des casemates VVP, en communication avec l'extérieur via un couloir, sont équipées de membranes d'éclatement, dimensionnées pour résister à l'onde de pression de l'explosion externe, et protégeant donc les équipements situés en casemate.

2.2.1.6. Casemates ARE (BAS 1 et 4)

Les ouvertures des casemates ARE, en communication directe avec l'extérieur ou via un couloir lui-même en communication avec l'extérieur, sont équipées de membranes d'éclatement, dimensionnées pour résister à l'onde de pression de l'explosion externe, et protégeant donc les équipements situés en casemate.

2.2.1.7. Matériels DEL

Les aérocondenseurs des groupes froids des trains 1 et 4 du DEL et ses équipements associés, situés aux niveaux \square m et \square m respectivement des BAS 1 et 4, en communication directe avec l'extérieur, sont dimensionnés vis-à-vis de l'explosion externe.

2.2.1.8. Niveaux sous toiture des bâtiments diesels

Les systèmes LHP/Q/R/S (diesels principaux) sont classés F1 et à ce titre dimensionnés en tenant compte de l'explosion externe.

Au niveau \square m, en communication directe avec l'extérieur, tous les matériels des systèmes LHP/Q/R/S sont dimensionnés pour résister à l'onde de pression, à savoir :

- aéroréfrigérants avec ventilateurs,
- vases d'expansion,
- réservoirs d'eau,

- pompes associées,
- aérocondenseurs,
- silencieux d'échappement.

2.2.2. Agressions liées à l'environnement industriel et aux voies de communication (volet probabiliste)

2.2.2.1. Recensement et évaluation probabiliste des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

La description de l'environnement industriel et des voies de communication est détaillée dans le sous-chapitre 2.2, et résumée dans les paragraphes suivants.

L'environnement industriel dans un périmètre de 10 km autour du site est composé principalement d'ICPE soumises à déclaration, dont l'activité est centrée sur l'élevage et l'agriculture. Il n'y a aucune installation industrielle soumise à autorisation dans un périmètre de 5 km autour de Flamanville.

Dans un rayon de 10 km autour du site, il existe une seule canalisation de gaz naturel (moyenne pression) alimentant la commune des Pieux et aucune voie ferrée.

Les produits dangereux majoritairement transportés par le réseau routier composé de départementales et de routes plus petites sont l'essence, le gazole et du GPL (propane/butane).

Sur les voies maritimes de la Manche, le trafic est très développé avec un peu moins de 80000 navires par an, cumulés sur les voies montantes et descendantes. Une zone de mouillage Ouest Cotentin est présente à environ 2 milles nautique à l'ouest de Flamanville. Cette zone de mouillage est cependant très peu utilisée (14 navires en 2008). Le type de matières dangereuses transportées ainsi que la répartition par voie maritime et l'utilisation de la zone de mouillage sont précisés dans le sous-chapitre 2.2 du rapport de sûreté.

Le recensement des activités et des types de produits qui circulent dans l'environnement du site permet de construire les scénarii susceptibles de porter atteinte aux fonctions de sûreté de la tranche EPR. Ces scénarii sont regroupés en 4 catégories :

- nuage explosible après éventrement du navire ou d'une bonbonne (avec ou sans dérive),
- explosion sur place (explosion d'une cuve de navire mal dégazée ou de produit solide),
- incendie,
- dérive d'un nuage toxique.

Pour les scénarii d'explosion et de dérive d'un nuage toxique, les données sont issues des notes [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#), et dont les probabilités vis-à-vis de la zone de mouillage Ouest Cotentin ont été mises à jour avec la note [Réf \[8\]](#).

2.2.2.2. Nuage explosible (avec ou sans dérive)

L'identification des scénarii nécessitant une étude probabiliste est présentée dans le tableau [TAB-3.3.4.1](#).

2.2.2.3. Explosion sur place (cuve mal dégazée ou explosion de produit solide)

L'identification des scénarii nécessitant une étude probabiliste est présentée dans le tableau [TAB-3.3.4.2](#).

2.2.2.4. Incendie

Compte tenu des distances source – bâtiment réacteur et des quantités de produits transportés, le scénario enveloppe de l'incendie est présenté par l'échouage d'un navire au droit du site.

Le navire relâche sa cargaison en mer au niveau de la zone d'échouage, la nappe s'étend autour du navire. On considère que la nappe s'enflamme à proximité du navire puisque ce dernier est la seule source d'ignition possible en mer. On évalue donc le flux reçu par les bâtiments de la centrale depuis la zone d'échouage.

Compte tenu de la dimension de l'incendie (nappe supérieure à 25 m²), la combustion est incomplète et des particules de suie se forment en grande quantité. Celles-ci se refroidissent très rapidement et réduisent la puissance rayonnée par l'incendie. L'émission de la flamme ne dépasse alors pas 1 kW/m² (Réf [6]). Dans ces conditions et compte tenu de l'éloignement de la zone d'échouage 1 le flux surfacique reçu au niveau des cibles de sûreté est considéré comme négligeable.

La combustion des produits peut générer par ailleurs un dégagement de fumées toxiques (CO, CO₂, SO₂, NO_x ...). Cependant, compte tenu des forces ascensionnelles liées à la puissance de l'incendie et l'absence d'obstacle perturbateur sur la mer, le panache des fumées s'élève directement et n'est pas rabattu sur la prise d'air de la salle de commande. Les conséquences d'un nuage toxique issu d'un incendie en mer sont nulles pour les opérateurs en salle de commande.

Ainsi pour les scénarii d'incendie, l'étude probabiliste n'est pas nécessaire.

2.2.2.5. Dérive de nuage toxique

L'identification des scénarii nécessitant une étude probabiliste est présentée dans le tableau [TAB-3.3.4.3](#).

2.2.3. Résultats de l'Evaluation probabiliste

Le détail des résultats est présenté dans les tableaux [TAB-3.3.4.4](#) à [TAB-3.3.4.6](#).

2.2.3.1. Famille « installations industrielles »

L'analyse de l'environnement industriel de la tranche EPR ne met pas en avant de risque lié à l'utilisation de matières dangereuses dans le périmètre de 10 km.

Pour cette famille, la probabilité d'agression est nulle.

2.2.3.2. Famille « transport par canalisation »

Dans l'environnement de la tranche EPR, il existe une canalisation moyenne pression qui alimente la commune des Pieux. Compte tenu de la distance de cette canalisation à la tranche EPR (environ 6 km), le risque d'agression d'un nuage de méthane dérivant depuis la conduite peut être écarté de manière déterministe: dans des conditions très pénalisantes, le seuil de surpression de 50 mbar peut atteindre au maximum une distance de 2,2 km.

Pour cette famille, la probabilité d'agression est nulle.

2.2.3.3. Famille « voies de communication »

2.2.3.3.1. Nuage explosible (avec ou sans dérive)

Le risque de nuage explosible avec ou sans dérive est constitué par la présence de 12 produits sur les voies maritimes T1 et T2, ainsi que sur la zone de mouillage Ouest Cotentin.

Depuis les voies maritimes, la probabilité d'agression est de 1/an.tranche (le détail est donné par produit dans le tableau [TAB-3.3.4.4](#)).

Sur les voies terrestres, aucun produit recensé n'est susceptible de porter atteinte aux fonctions de sûreté de la tranche : le risque d'agression d'un nuage dérivant est écarté de manière déterministe.

2.2.3.3.2. Explosion sur place (cuve mal dégazée ou explosion de produit solide)

Le risque d'explosion sur place (cuve mal dégazée) est constitué par 35 produits sur les voies maritimes T1 et T2.

La probabilité de porter atteinte aux fonctions de sûreté, suite à l'explosion d'un navire échoué, est de \square /an.tranche (cf. tableau [TAB-3.3.4.5](#)).

2.2.3.3.3. Dérive de nuage toxique

Le risque de dérive de nuage toxique est constitué par la présence d'ammoniac et d'acide cyanhydrique sur les voies maritimes T1 et T2, ainsi que sur la zone de mouillage Ouest Cotentin.

La probabilité d'agression de la tranche EPR suite à la dérive et l'échouage du navire est de \square /an.tranche (cf. tableau [TAB-3.3.4.6](#)).

Il n'y a pas de produit toxique en transit recensé sur les voies de communication terrestres.

2.2.3.3.4. Incendie

L'analyse déterministe des conséquences d'un incendie d'une nappe en mer de produit inflammable ne met pas en avant de risque pour la centrale : les conséquences d'un incendie sur la tranche peuvent être écartées.

2.2.3.3.5. Synthèse de la famille « voies de communication »

La probabilité d'agression d'une fonction de sûreté pour la famille "voies de communication" est la somme des probabilités explicitées ci-dessus. Sa valeur est de \square /an.tranche.

2.2.3.4. Synthèse des résultats

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des résultats probabilistes pour chaque famille de sources d'agressions :

\square

Les résultats pour chaque famille sont inférieurs au seuil de 10^{-7} /an.tranche et la probabilité résultante (la somme des trois familles) ne dépasse pas 10^{-6} /an.tranche. Ces résultats respectent donc les valeurs limites définies dans la RFS I.2.d.

Le cas de charge standard, défini au [§ 1.2.](#) pour le volet déterministe et résumé en [§ 2.1.1.](#), est tel que la probabilité d'occurrence d'une onde de surpression incidente de caractéristiques plus sévères est compatible avec l'objectif probabiliste défini en [§ 2.1.2.3.](#)

Le risque généré par les installations industrielles, le transport par canalisation ou les voies de communication se place dans le domaine résiduel. Aucune protection complémentaire n'est nécessaire pour parer ce type d'agression.

2.3. RISQUES LIÉS À L'EXPLOITATION DE FLAMANVILLE 1 ET FLAMANVILLE 2

Les risques liés à l'exploitation de Flamanville 1 et 2 sont de deux natures :

- les risques conventionnels de Flamanville 1 et 2 et leurs impacts potentiels sur Flamanville 3,
- les risques nucléaires de Flamanville 1 et 2 et leurs impacts potentiels sur Flamanville 3.

Evaluation des risques conventionnels :

Les risques conventionnels de Flamanville 1 et 2 et leurs conséquences potentielles sur Flamanville 3 sont présentés et analysés dans le sous-chapitre 3.8.

Cette évaluation rend compte des interactions de Flamanville 1 et Flamanville 2 sur Flamanville 3 sur la base du recensement des risques conventionnels à prendre en compte et la définition de scénarios enveloppes en considérant leur impact sur les installations de Flamanville 3. L'analyse des conséquences de ces scénarios enveloppes s'appuie sur les dispositifs de conception des tranches de Flamanville pour statuer sur l'absence de risque pour Flamanville 3.

Evaluation des risques nucléaires :

Les risques nucléaires survenant sur Flamanville 1 et 2 et conduisant à des conséquences radiologiques sur Flamanville 3 sont présentés et analysés dans les Rapports de Sûreté de centrale de Flamanville 1 et Flamanville 2.




L'évaluation des conséquences radiologiques menées pour les accidents présentés dans ces Rapports de Sûreté ainsi que pour les accidents de Flamanville 3 sont des données d'entrée pour la conception de Flamanville 3. La conception de la ventilation de la salle de commande de Flamanville 3 prend bien en compte de telles conditions de fonctionnement, de sorte que son habitabilité est assurée pour l'ensemble de ces situations (cf. sous-chapitre 6.4).

Pour les agressions externes impactant l'ensemble du site, tous les matériels et équipements, soumis et non dimensionnés aux effets de ces agressions, ont été considérés dans l'analyse. Par exemple, pour l'analyse du « séisme initiateur d'inondation externe » menée pour Flamanville 3, la rupture des équipements non sismiques de la plate-forme, incluant ceux de Flamanville 1 et Flamanville 2, est prise en compte (cf. section 3.3.5).

2.4. CONCLUSION

L'analyse de sûreté démontre le respect des exigences de sûreté et permet de conclure à la suffisance des dispositifs de conception prévus.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1] ELIMR0600394 A – Risques liés aux voies de communication et à l’environnement industriel des CNPE - Guide méthodologique
- [2] Note  NT 8222.01/990092 indice B
CNPE de Flamanville - Méthodologie pour l’étude des risques liés au transport maritime de matières dangereuses
- [3] EMESN120965 A – Risques dus à l’activité humaine dans le voisinage d’une centrale nucléaire : synthèse de l’actualisation des paramètres d’accidentologie
- [4] Note  NT 8222.02/990093 indice B
CNPE de Flamanville - Evaluation déterministe et probabiliste des conséquences d’une émission accidentelle de matières explosibles à proximité du CNPE
- [5] Note  NT 8222.03/990094 indice B
CNPE de Flamanville - Evaluation déterministe et probabiliste des conséquences d’une émission accidentelle de matières toxiques à proximité du CNPE
- [6] TNO - Committee for the prevention of disaster
Methods for the calculation of physical effects “yellow book” – CPR14E – third edition – 1997
- [7] ECEIG091830 C – Note de synthèse sur les dispositions prises vis-à-vis de l’explosion externe pour les bâtiments de l’îlot nucléaire, la station de pompage et l’ouvrage de rejet
- [8] D305515009026 ind. C, « Evaluation des risques induits par l’environnement industriel et les voies de communication sur le CNPE de Flamanville »
- [9] D305117002784 ind. F, « Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES »

TAB-3.3.4.1 IDENTIFICATION DES SCÉNARII D'EXPLOSION (AVEC OU SANS DÉRIVE) D'UN NUAGE EXPLOSIBLE NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE

Détail des scénarii nécessitant une étude probabiliste

□

TAB-3.3.4.2 IDENTIFICATION DES SCÉNARII D'EXPLOSION SUR PLACE NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE

□

TAB-3.3.4.3 IDENTIFICATION DES SCÉNARIIS DE DÉRIVE DE NUAGE TOXIQUE
NÉCESSITANT UNE ÉTUDE PROBABILISTE

□

TAB-3.3.4.4 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII D'EXPLOSION (AVEC OU SANS DÉRIVE) D'UN NUAGE EXPLOSIBLE

Détail des évaluations probabilistes

Les données de trafic sont mises à jour à partir du trafic général de matières dangereuses du sous-chapitre 2.2 du RDS. La répartition par type de navire et de produit est faite à partir des [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#). Cette répartition s'appuie sur le retour d'expérience des recensements faits par les Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS). Les données d'accidentologie sont mises à jour à partir de la [Réf \[3\]](#).

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Lieu de l'accident	Type d'accident	P _i
1010	Butadiène	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	5,01.10 ⁻¹¹
			Eventrement navire sans dérive du nuage	4,15.10 ⁻¹¹
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	2,19.10 ⁻¹²
1077	Propylène	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	3,98.10 ⁻¹⁰
			Eventrement navire sans dérive du nuage	4,92.10 ⁻¹⁰
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	1,35.10 ⁻¹¹
1086	Chlorure de vinyle	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	4,77.10 ⁻¹¹
			Eventrement navire sans dérive du nuage	5,32.10 ⁻¹¹
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	2,34.10 ⁻¹²
1145	Cyclohexane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Eventrement navire sans dérive du nuage	4,21.10 ⁻¹³
1206	Heptane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Eventrement navire sans dérive du nuage	4,17.10 ⁻¹⁴
1208	Hexane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Eventrement navire sans dérive du nuage	1,09.10 ⁻¹³
1218	Isoprène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Eventrement navire avec dérive du nuage	5,08.10 ⁻¹³
			Eventrement navire sans dérive du nuage	2,23.10 ⁻¹³
1265	Pentane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Eventrement navire avec dérive du nuage	6,23.10 ⁻¹³
			Eventrement navire sans dérive du nuage	1,08.10 ⁻¹³

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Lieu de l'accident	Type d'accident	P _i
1962	Ethylène	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	1,57.10 ⁻¹⁰
			Eventrement navire sans dérive du nuage	5,81.10 ⁻¹⁰
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	5,23.10 ⁻¹²
1965	GPL (propane/butane)	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	9,79.10 ⁻¹⁰
			Eventrement navire sans dérive du nuage	6,40.10 ⁻¹⁰
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	5,01.10 ⁻¹¹
1969	Isobutane	Zone d'échouage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	4,61.10 ⁻¹²
			Eventrement navire sans dérive du nuage	3,30.10 ⁻¹²
		Zone de mouillage (navire gaz liquéfié)	Eventrement navire avec dérive du nuage	2,03.10 ⁻¹³
1972	GNL (méthane)	Zone d'échouage (méthanier)	Eventrement navire avec dérive du nuage	1,14.10 ⁻¹⁰
			Eventrement navire sans dérive du nuage	1,84.10 ⁻¹⁰
		Zone de mouillage (méthanier)	Eventrement navire avec dérive du nuage	3,68.10 ⁻¹²
			Total	3,82.10⁻⁹

TAB-3.3.4.5 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII D'EXPLOSION DE SOLIDES OU DE GAZ CONFINÉS

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Origine de la source	Type d'accident	P _i
1090	Acétone	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	2,73.10 ⁻¹¹
1092	Acroléine	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
1093	Acrylonitrile	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	4,53.10 ⁻¹²
1114	Benzène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,16.10 ⁻¹⁰
1145	Cyclohexane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	4,53.10 ⁻¹²
1155	Ethers	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	2,72.10 ⁻¹²
1170	Ethanol	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,21.10 ⁻¹²
1184	Dichloroéthane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,10.10 ⁻¹¹
1193	Methylethylcetone	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	6,34.10 ⁻¹²
1198	Formaldéhyde	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
1199	Furfural	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,81.10 ⁻¹²
1203	Oléfines	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,38.10 ⁻¹²
1206	Heptane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Origine de la source	Type d'accident	P ₁
1208	Hexane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
1218	Isoprène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,81.10 ⁻¹²
1219	Isopropanol	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,28.10 ⁻¹¹
1230	Méthanol	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	7,13.10 ⁻¹¹
1262	Pétrole brut	Zone échouage pétrolier B	Explosion de cuve mal dégazée	6,80.10 ⁻¹¹
1262	Gazole, mazout, naphta,essence Octane	Zone échouage produits raffinés	Explosion de cuve mal dégazée	3,27.10 ⁻¹⁰ 3,42.10 ⁻¹³
1265	Pentane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	2,72.10 ⁻¹²
1280	Oxyde de Propylène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	2,72.10 ⁻¹²
1294	Toluène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,97.10 ⁻¹²
1299	Essence de Térébenthine	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	2,72.10 ⁻¹²
1301	Acétate de Vinyle	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,37.10 ⁻¹¹
1307	Xylène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	4,92.10 ⁻¹¹
1920	Nonane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
1993	Ethylbenzène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	7,03.10 ⁻¹²

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Origine de la source	Type d'accident	P _i
2050	Diisobutylène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
2055	Styrène	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	7,02.10 ⁻¹¹
2056	Tétrahydrofurane	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	6,34.10 ⁻¹²
2789	Acide acétique	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	1,46.10 ⁻¹¹
	Glycol	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de cuve mal dégazée	9,06.10 ⁻¹³
2067	Engrais + nitrate d'ammonium	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de produit solide	8,62.10 ⁻¹²
	Explosifs	Zone d'échouage (navire produits chimiques)	Explosion de produit solide	1,15.10 ⁻¹⁰
			Total	9,83.10⁻¹⁰

TAB-3.3.4.6 ÉVALUATION PROBABILISTE POUR LES SCÉNARII DE DÉRIVE DE NUAGE TOXIQUE

Code matière (N° ONU)	Dénomination du produit	Origine de la source	Type d'accident	P _i
1005	Ammoniac	Zone d'échouage navire gaz liquéfié	Eventrement navire avec dérive du nuage	6,14.10 ⁻¹⁰
		Zone de mouillage navire gaz liquéfié	Eventrement navire avec dérive du nuage	1,32.10 ⁻¹⁰
1541	Cyanhydrine d'acétone (acide cyanhydrique)	Zone d'échouage navire produits chimiques	Eventrement navire avec dérive du nuage	1,64.10 ⁻¹¹
		Zone de mouillage navire produits chimiques	Eventrement navire avec dérive du nuage	2,23.10 ⁻¹²
			Total	7,65.10⁻¹⁰

Nota :

Pétrolier type A : transport de 300000 tonnes

Pétrolier type B : transport 100000 tonnes

FIG-3.3.4.1 CAS DE CHARGE STANDARD REPRÉSENTATIF DE L'ONDE INCIDENTE

Nota : La durée de montée du front d'onde de 15ms n'est pas représentée sur le graphe.

SOMMAIRE

.3.3.5 PROTECTION CONTRE L'INONDATION EXTERNE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	3
0.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ CONCERNANT LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS EXTERNES	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
1.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	3
1.2. NIVEAU DE PROTECTION	4
1.3. CUMULS PLAUSIBLES	7
1.4. CIBLES DE SURETE A PROTEGER	7
1.5. PRINCIPES DE PROTECTION	7
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	8
2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	8
2.2. DISPOSITIONS GENERALES DE PROTECTION	9
2.3. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR DEBORDEMENT DE LA SOURCE FROIDE	10
2.3.1. EVALUATION DE LA COTE MAXIMALE DE DÉBORDEMENT DE LA SOURCE FROIDE	10
2.3.2. ANALYSE D'IMPACT SUR LES MATÉRIELS À PROTÉGER	10
2.4. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR PRESENCE D'UNE LAME D'EAU A L'INTERIEUR DU SITE	11
2.4.1. EVALUATION DE LA COTE MAXIMALE DE LAME D'EAU SUR LE SITE	11
2.4.2. ANALYSE D'IMPACT SUR LES MATÉRIELS À PROTÉGER	12
2.5. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR REMONTEE DE NAPPE PHREATIQUE	13
2.5.1. EVALUATION DE LA COTE MAXIMALE DE REMONTÉE DE NAPPE PHRÉATIQUE (CMN)	13
2.5.2. ANALYSE D'IMPACT SUR LES MATÉRIELS À PROTÉGER	13
2.6. PROTECTION D'UNE INONDATION PAR FRANCHISSEMENTS	14
2.6.1. EVALUATION DES VOLUMES DE FRANCHISSEMENT	14



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.5

PAGE 2/15

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

2.6.2. ANALYSE D'IMPACT SUR LES MATÉRIELS À PROTÉGER . . 14
LISTE DES RÉFÉRENCES. 15

.3.3.5 PROTECTION CONTRE L'INONDATION EXTERNE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

Suite à une inondation (interne ou) externe, les objectifs fondamentaux visent à permettre de :

- maintenir l'intégrité du système primaire principal,
- arrêter le réacteur et évacuer la puissance résiduelle,
- limiter à un niveau acceptable tout éventuel dégagement de substances radioactives sur le site.

0.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ CONCERNANT LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS EXTERNES

Les exigences liées à la protection contre les inondations externes ont pour objectif d'être conforme au Guide ASN n° 13 "Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes" [Réf \[1\]](#) (qui remplace la RFS I.2.e) ; les différentes Situations de référence pour le Risque d'Inondation (SRI) considérées sont décrites au [§ 1.2.](#)

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

Selon les caractéristiques du site, différentes sources d'eau (pluies, nappes d'eau souterraines, mers ou océans, cours d'eau, réservoirs naturels ou artificiels) peuvent initier une inondation externe et conduire aux Situations de référence pour le Risque d'Inondation (SRI), définies par le Guide ASN n° 13 [Réf \[1\]](#), suivantes :

- pluies locales (SRI PLU) ;
- crue sur un petit bassin versant (SRI CPB) ;
- remontée de la nappe phréatique (SRI RNP) ;
- niveau marin (SRI NMA) ;
- vagues (SRI VAG) ;
- clapot (SRI CLA) ;
- crue sur un grand bassin versant (SRI CGB) ;
- rupture d'un ouvrage de retenue (SRI ROR) ;
- intumescence – dysfonctionnement d'ouvrages hydrauliques (SRI INT) ;
- dégradations ou dysfonctionnements d'ouvrages, de circuits ou d'équipements (SRI DDOCE) ;
- seiche (SRI SEI).

Les conséquences potentielles d'une inondation, selon les caractéristiques du site, pourraient être :

- l'inondation des locaux abritant des matériels nécessaires à l'atteinte des objectifs de sûreté, consécutive à la submersion de la plate-forme du site ou à une entrée d'eau dans les locaux ;
- l'inondation des équipements de la station de pompage principale concourant à une vulnérabilité vis-à-vis de la perte de la source froide principale de sûreté ;
- l'infiltration d'eau dans les locaux abritant des matériels nécessaires à l'atteinte des objectifs de sûreté ;

- l'isolement du site et/ou à la perte des alimentations électriques externes.

Cas particulier du tsunami pour les sites nucléaires français

Les tsunamis sont provoqués par des sources sismiques, volcaniques ou liées à des glissements de terrain sous-marins ou sur le littoral.

Un séisme ne peut être à l'origine d'un tsunami que s'il est peu profond et de magnitude suffisamment élevée. Aucune structure géologique pouvant être à l'origine d'un tsunami majeur n'est identifiée à proximité du littoral métropolitain atlantique (correspondant plus exactement à des littoraux de l'Atlantique, la Manche et la mer du Nord).

Sur la base de la surveillance sismique et des niveaux marins au cours des 50 dernières années, aucun phénomène de surélévation du niveau marin sur la façade métropolitaine atlantique n'a été mis en relation de manière certaine avec un tsunami atlantique. De manière comparable aux études de l'aléa sismique, des analyses historiques ont été menées pour élargir la période d'observation. Il s'agit d'analyser la bibliographie pour relever les observations pouvant être liées à des tsunamis : fluctuation des niveaux d'eau sur la côte et notamment dans les ports, mises en relation, par exemple, avec un séisme. Les témoignages compilés à ce jour font état, depuis le XVIII^{ème} siècle, d'une quinzaine d'événements attribués de façon plus ou moins incertaine à des tsunamis. Dans tous les cas, les effets ne vont pas au-delà de l'inondation de côtes en pente douce, d'embarcations légères échouées et de constructions légères près des côtes faiblement endommagées, alors que les dommages les plus importants et les niveaux marins les plus hauts ont été observés lors de tempêtes provoquant des fortes surcotes, parfois concomitantes avec des marées hautes et accompagnées de houle.

Enfin le phénomène de tsunami est indépendant des fortes marées et des tempêtes. La probabilité de conjonction d'un tsunami et de la SRI niveau marin est donc très faible. La conjonction de ces deux événements est donc écartée.

Le risque de tsunami pour les sites nucléaires français est faible et est considéré couvert par les situations de niveau marin et de vagues de référence.

Cas particulier des vagues initiées par la circulation maritime

Le risque associé aux vagues engendrées par le passage de navires est couvert par les conditions de vagues (SRI VAG), compte tenu de l'amplitude limitée de ces vagues et de la limitation de la navigation en cas de tempête.

1.2. NIVEAU DE PROTECTION

Les principes de détermination du niveau de référence associé à chaque SRI à considérer pour un site donné sont décrits ci-après.

Ces niveaux sont conformes aux recommandations du guide ASN n°13 [Réf \[1\]](#).

Pour tous les sites, les SRI étudiées sont les suivantes :

Pluies locales (SRI PLU) : Les pluies de référence sont définies par la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %¹ des pluies centennales calculées à partir des données d'une station météorologique représentative des conditions du site.

Crue sur un petit bassin versant (SRI CPB) : La SRI CPB concerne les bassins versants dont la superficie est comprise entre 10 et 5000 km². En dessous de 10 km², les ruissellements induits par la pluie sont traités au travers de la SRI PLU. Au-delà, le phénomène de débordement du cours d'eau est traité au travers de la SRI CGB. La crue de référence sur un petit bassin versant est définie par un

1. Ce choix d'un taux de confiance élevé, spécifique aux pluies et aux remontées de nappes phréatiques qui en résultent, est dû au faible nombre d'années d'observations disponibles en particulier pour les pluies de courtes durées.

débit maximal instantané, pour une période de retour décennale. Pour les bassins versants dont la superficie est comprise entre 10 et 100 km², le débit associé à cette SRI peut être calculé à partir des pluies centennales (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %) en multipliant le débit obtenu par un facteur 2.

Remontée de la nappe phréatique (SRI RNP) : Le niveau de référence de la nappe phréatique est déterminé sur la base d'une étude hydrogéologique du site, en fonction des données accessibles, par l'une des deux méthodes qui suivent : (1) la combinaison d'un niveau initial et de l'effet de remontée dû à un initiateur issu de ceux examinés pour la détermination des SRI (crue, niveau marin, pluies, dégradation d'ouvrage, ...) et qui provoque les plus fortes remontées de la nappe phréatique ou (2) une étude statistique des niveaux de la nappe phréatique permettant de déterminer le niveau de référence comme le niveau associé à une période de retour centennale, en retenant la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

Intumescence – Dysfonctionnement d'ouvrages hydrauliques (SRI INT) : L'intumescence de référence est une onde résultant d'une variation rapide du débit dans un ouvrage hydraulique à ciel ouvert, implanté sur le site ou en amont ou en aval de celui-ci. L'intumescence est caractérisée par son intensité (débit maximal de déversement, hauteur d'eau maximale correspondante sur le site, volume déversé) et sa durée (en tenant compte des différentes dynamiques associées à l'onde principale et aux effets accompagnant cette onde principale). L'étude des causes possibles d'intumescence doit permettre d'identifier le ou les scénarios d'intumescence susceptibles d'affecter le site (par exemple : ouverture intempestive de vannes d'une usine hydroélectrique située en amont du site, déclenchement complet d'une usine située en aval, conditions d'exploitation exceptionnelles sur barrage de dérivation, arrêt de pompes CRF). Le niveau maximal atteint du fait de l'intumescence est étroitement lié aux niveaux d'eau et aux débits initiaux. Il convient de rechercher le cas majorant, en tenant compte notamment des consignes d'exploitation des ouvrages et sans qu'il ne soit considéré de situation plus rare que celles définies par les SRI CGB ou NMA dans la détermination du niveau initial.

Dégradations ou dysfonctionnements d'ouvrages, de circuits ou d'équipements (SRI DDOCE) : Il s'agit de déterminer les conséquences de possibles défaillances intrinsèques (rupture simple) ou de dégradations (ruptures multiples dues à un mode commun) d'ouvrages, de circuits ou d'équipements qui pourraient conduire au déversement d'une quantité significative d'eau sur le site à l'extérieur sur la plateforme de l'îlot nucléaire ou dans les bâtiments ne contenant pas de matériel à protéger mais situés à proximité des bâtiments contenant des EIPS.

Pour les sites fluviaux, les SRI étudiées sont les suivantes :

Crue sur un grand bassin versant (SRI CGB) : La crue sur un grand bassin versant est caractérisée par un débit de référence, un niveau d'eau de référence et le champ d'inondation associé. Le débit de référence correspond au débit maximal instantané associé à la crue millénale en considérant la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %, majorée de 15 %. Le niveau de référence est le niveau maximal sur l'emprise du site résultant du débit de référence. Dans certaines configurations de site particulières, un niveau d'eau plus élevé peut être atteint pour un débit plus faible que le débit de référence ; dans ce cas, le niveau de référence est celui associé à ce débit moindre.

Rupture d'un ouvrage de retenue (SRI ROR) : La rupture de l'ouvrage de retenue en travers du cours d'eau conduisant aux conditions les plus contraignantes pour le site est postulée. Le niveau de référence associé à la rupture de cet ouvrage est le niveau maximal sur l'emprise du site résultant de la propagation de l'onde de submersion. L'étude de la SRI considèrera le cours d'eau sur lequel le site est implanté et les différentes vallées débouchant à proximité du site. Dans la zone « amont », l'onde de submersion est propagée sur un fond sec ; dans la zone « aval », l'onde est propagée sur le débit moyen interannuel du cours d'eau. En entrée du modèle local permettant de définir les niveaux d'eau autour du site, l'hydrogramme de l'onde de submersion est majoré de 15%, et propagé sur le débit moyen interannuel.

Clapot (SRI CLA) : Le clapot de référence est le champ de vagues résultant d'un vent centennal (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) propagé sur une crue millénale (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %).

Pour les sites maritimes, les SRI étudiées sont les suivantes :

Niveau marin (SRI NMA) : Le niveau marin haut de référence est la somme conventionnelle du niveau maximal de la marée théorique, de la surcote millénale (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) évaluée via une analyse régionale et de l'évolution du niveau marin moyen extrapolée jusqu'au prochain réexamen de sûreté. Les provisions prises à la conception des dispositions de protection prennent en compte l'impact des évolutions climatiques envisagées à l'horizon 2075.

Vagues (vagues océaniques et clapot) (SRI VAG) : La détermination des conditions de vagues au droit d'un site maritime combine a priori des vagues océaniques (appelées aussi « houle »), qui ont été engendrées par le vent à une grande distance du site et se sont propagées hors de la zone de génération et les vagues levées par le vent local (appelées aussi « mer de vent » ou encore « clapot » pour le cas de vagues levées sur un domaine de faible étendue). Les vagues de référence sont déterminées à partir des conditions de vagues de hauteur significative centennale (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) déterminées au large du site et propagées sur le niveau marin de référence. En fonction de l'exposition et de la configuration du site, il est toutefois possible de simplifier l'étude en établissant la prépondérance de la contribution des vagues océaniques ou des effets du vent local. En particulier, en cas de prépondérance des effets du vent local sur les vagues océaniques du fait de la configuration du site ou des ouvrages existants, un clapot de référence est retenu. Il est défini par le clapot résultant d'un vent centennal (estimé dans toutes les directions puis appliqué dans la direction la plus pénalisante, borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) propagé sur le niveau marin de référence.

Seiche (SRI SEI) : Le risque de survenue d'une seiche est étudié sur la base du retour d'expérience disponible, par exemple au travers de l'exploitation d'une installation existante ou de mesures du niveau d'eau en mer. Si un risque de survenue d'une seiche est identifié dans les aménagements côtiers (bassin portuaire, chenaux de prise ou de rejet d'eau), le phénomène est pris en compte pour le calcul du niveau marin de référence.

Cas particulier des sites en estuaire : Les sites en estuaire sont soumis à une influence maritime et à une influence fluviale, des conjonctions entre les phénomènes associés à ces deux milieux sont donc retenues.

Influence maritime : Les SRI NMA et VAG sont déterminées en considérant à l'entrée de l'estuaire les conditions maritimes définies pour les sites en bord de mer (niveau marin de référence et vagues de référence) associées à un vent local centennal (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) et à un débit moyen du fleuve. La durée des SRI est déterminée à partir des variations du niveau marin dues à la marée.

Influence fluviale : Les SRI CGB, ROR et CLA sont déterminées, moyennant les adaptations suivantes :

- pour la SRI « crue sur un grand bassin versant », la situation de référence est déterminée sans appliquer la majoration de 15 % et en considérant un niveau maximal de la marée théorique ;
- pour la SRI « rupture d'un ouvrage de retenue », la situation de référence est déterminée en considérant un niveau de pleine mer moyen (marée de coefficient 70) ;
- pour la SRI « clapot », la situation de référence est déterminée en considérant un niveau de pleine mer moyen (marée de coefficient 70).

Définition des cotes maximales de référence

Trois cotes de référence sont définies pour rendre compte des effets potentiels de ces SRI en termes de niveaux statiques :

- la Cote Maximale de Débordement de la source froide (notée CMD) ;
- la Cote Maximale de Lame d'eau sur le site (notée CML) ;
- la Cote Maximale de remontée de la Nappe phréatique (notée CMN).

1.3. CUMULS PLAUSIBLES

L'installation est considérée comme étant dans un état initial non dégradé. Il n'est pas postulé de concomitance d'une SRI avec une condition incidentelle ou accidentelle indépendante, avec une agression interne indépendante, ou avec une autre agression externe indépendante.

L'analyse du scénario de ruptures multiples de la SRI DDOCE couvre les conséquences d'une inondation potentiellement induite par d'autres agressions susceptibles d'engendrer un mode commun (le séisme est considéré en raison de son caractère enveloppe).

Certains cumuls plausibles entre phénomènes relèvent déjà de la définition des SRI CLA et VAG.

Par ailleurs, à titre de découplage, pour la situation de tempête en bord de mer, le concepteur peut retenir le cumul des niveaux enveloppes suivants :

- houle levée par un vent local centennal + niveau marin haut (somme conventionnelle du niveau maximal de la marée théorique, de la surcote millénale (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) évaluée via une analyse régionale et de l'évolution du niveau marin moyen extrapolée jusqu'au prochain réexamen de sûreté pour le réacteur) + pluie décennale.

Les cumuls plausibles des SRI avec les agressions externes suivantes sont pris en compte :

- SRI pouvant conduire à un débordement de la source froide + Arrivée Massive de Colmatants (AMC) de niveau DBH : un lien de cause à effet est possible, sans pour autant être systématique, avec des niveaux d'eau inférieurs à la Cote Maximale de Débordement (CMD). A titre de découplage, la vérification peut être menée pour ce niveau, évalué au droit de la station de pompage ;
- SRI PLU + vent fort : l'effet d'un vent fort doit être étudié en tant que phénomène concomitant avec les SRI PLU pour les sites bord de mer. Pour cette SRI où la concomitance avec le vent est avérée, les dispositions de protection doivent être dimensionnées vis-à-vis des vents forts et de leurs effets directs. A titre de découplage, un niveau de vent centennal pourra être retenu ;
- SRI PLU ou NMA + foudre de niveau DBH : l'effet de la foudre doit être étudié en tant que phénomène concomitant avec les SRI PLU ou NMA. Pour ces SRI, les dispositions de protection contre l'inondation externe doivent être dimensionnées vis-à-vis de la foudre et de ses effets.

Certains phénomènes accompagnant une situation d'inondation externe pouvant potentiellement être associés à la perte des alimentations électriques extérieures, le MDTE est à considérer.

1.4. CIBLES DE SURETE A PROTEGER

Ainsi, le périmètre de protection est le suivant :

- les systèmes et équipements de sûreté nécessaires à l'atteinte des objectifs de sûreté doivent être protégés vis-à-vis de l'ensemble des SRI identifiées pour chaque site ;
- pour les sites où le risque de MDTE ne pourrait être écarté, les systèmes et équipements nécessaires à la gestion de ce MDTE doivent être protégés des phénomènes à l'origine de la SRI en cause ;
- pour les sites où le risque de situation complémentaire de type H1 ne pourrait être totalement écarté, les systèmes et équipements impliqués dans la gestion de ce H1 doivent être protégés des phénomènes à l'origine de la SRI en cause.

1.5. PRINCIPES DE PROTECTION

Les principes de protection reposent sur une conception de l'installation et une exploitation réalisées de telle sorte que les SRI retenues n'impactent pas les EIP liés à la sûreté nucléaire susceptibles de remettre en cause l'atteinte des objectifs de sûreté.

A la conception, ceci a été réalisé grâce :

- au calage de la plate-forme ;
- à la réalisation de protections de type digues, murets, seuils de porte, etc. ;
- à la mise en œuvre d'une protection volumétrique.

Lors des réévaluations de sûreté, on vérifie la suffisance de ces moyens de protection qui sont renforcés si nécessaire.

En ce qui concerne la protection volumétrique, il s'agit d'un volume de protection dont on a obturé les ouvertures situées dans les parois extérieures et isolé les by-pass, afin d'éviter des entrées d'eau dans les locaux abritant des systèmes ou des composants concourant aux fonctions de sûreté, qui seraient de nature à remettre en cause l'atteinte des objectifs de sûreté des tranches.

Le volume de protection va du niveau le plus bas des infrastructures abritant ces systèmes ou ces composants jusqu'à un niveau haut défini en fonction des SRI du site et des objectifs de sûreté de l'installation. Le périmètre de la protection volumétrique (PV) est adapté à la configuration particulière des sites. Les différents éléments de la protection volumétrique, en fonction des SRI vis-à-vis desquelles ils sont valorisés, peuvent avoir des exigences de conception différentes.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

L'analyse de sûreté est réalisée en conformité avec les recommandations issues du guide ASN n°13 et des cumuls plausibles définis dans le [§ 1.](#)

Compte tenu des incertitudes relatives à l'évaluation des paramètres climatiques à couvrir sur la durée de vie du réacteur, la conception initiale du réacteur EPR permet d'envisager des facilités d'adaptation, au cours de son exploitation, à d'éventuelles évolutions du climat qui se révéleraient plus importantes que celles prévues à l'origine. Elles sont de trois types :

- Prise en compte de marges supplémentaires à la conception vis-à-vis des cas de charge retenus,
- Faisabilité de modifications de l'installation,
- Acceptabilité d'évolution de l'exploitation.

L'analyse de sûreté est décrite ci-après. L'objectif est de vérifier la suffisance vis-à-vis des conditions du site de Flamanville, des hypothèses de dimensionnement établies en application des principes généraux énoncés dans les sections précédentes du sous-chapitre 3.3. L'analyse de sûreté s'appuie sur les notes du dossier de site de Stade 5 [Réf \[2\]](#) et [Réf \[3\]](#).

2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

Parmi les SRI mentionnées dans le paragraphe 1 de la présente section 3.3.5, seules les SRI suivantes sont applicables pour l'EPR de Flamanville (site marin) :

- Niveau Marin (NMA),
- Vagues (VAG),
- Dégradations ou Dysfonctionnement d'Ouvrages, de Circuits ou d'Equipements (DDOCE),
- Intumescence (INT),
- Pluies Locales (PLU),
- Remontée de la Nappe Phréatique (RNP).

Les SRI CLA, CGB et ROR, citées dans le paragraphe 3.3.5.1, ne sont pas pertinentes pour l'EPR de Flamanville car elles sont spécifiques aux sites bord de rivière.

L'EPR de Flamanville n'est pas concerné par la CPB. En effet, aucun cours d'eau ne longe le CNPE de Flamanville 3, le cours d'eau le plus proche étant la Diélette, qui se rejette dans le port de Diélette à environ 2 km de l'EPR.

Le risque de Seiche est écarté à Flamanville car le retour d'expérience montre que ce phénomène est absent sur ce site. Cette SRI n'est donc pas retenue pour l'EPR de Flamanville 3. Les cumuls pertinents pour l'EPR de Flamanville sont :

- Inondation par débordement de la source froide + Arrivée Massive de Colmatants (AMC),
- Situation de tempête en bord de mer : houle + NMA+ pluie décennale,
- SRI pluie + vent fort,
- SRI pluie + foudre,
- SRI NMA + foudre.

Les méthodologies utilisées pour la caractérisation des SRI et les résultats de ces caractérisations sont présentées dans la note [Réf \[2\]](#).

2.2. DISPOSITIONS GENERALES DE PROTECTION

Afin de satisfaire les objectifs de sûreté cités dans le paragraphe 0 de la présente section, les systèmes et équipements nécessaires à l'atteinte d'un état contrôlé ou d'un état d'arrêt sûr doivent être protégés en cas d'inondation externe.

A titre de découplage, les systèmes et équipements nécessaires à l'atteinte d'un état contrôlé ou d'un état d'arrêt sûr, sont ceux assurant des fonctions classées F1. Ces fonctions sont définies au sous-chapitre 3.2 du Rapport de Sûreté.

Par conséquent, pour l'EPR Flamanville 3, les fonctions et systèmes à protéger vis-à-vis de l'inondation externe sont les fonctions et systèmes classés F1.

Pour l'EPR de Flamanville, la protection de ces fonctions et systèmes, contre l'inondation externe, s'appuie notamment sur :

- Le calage de la plateforme du site de Flamanville à 12.40 m NGFN ce qui permet de dégager une marge significative par rapport au niveau de la Cote Maximale de Débordement de la source froide (CMD),
- La digue de protection du canal d'amenée qui permet de limiter l'arrivée des vagues induites par la houle au large, sur la plateforme du CNPE,
- Des dispositions organisationnelles : notamment la mise en place de seuils ou de batardeaux devant les locaux à protéger, l'isolement de by-pass, etc...,
- Un périmètre de Protection Volumétrique comprenant :
 - l'Ilot Nucléaire comprenant les bâtiments suivants: le bâtiment réacteur (HR) sans galerie de précontrainte, le Bâtiment Combustible (HK), les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde et Bâtiments Electriques (HLA/HLF,HLB/HLG,HLC/HLH,HLD/HLI), le Bâtiments des Auxiliaires Nucléaires (HNX), le Bâtiment de Traitement des Effluents (HQA/HQB), les Bâtiments Diesels (HDA/HDB/HDC/HDD).
 - La Station de Pompage (HPA/B/C/D).
 - Les parties de l'Ouvrage De Rejet (HCA) et de l'ouvrage de pré-rejet (HCB) contenant les matériels classés F1 : la protection volumétrique, en ouvrage de pré-rejet, comprend les réservoirs et les pompes du circuit incendie JAC ainsi que les 2 pompes ASG. En ouvrage de rejet, elle comprend les locaux abritant la partie rejet SEC et SRU, et les lignes de diversification SEC et SRU raccordées au bassin de rejet.
 - Les galeries de liaison entre la Station De Pompage, les Bâtiments de l'Ilot Nucléaire et de l'ouvrage de rejet (HGF/G/H/I).
 - Les galeries de liaison entre les bâtiments diesels (HDA/B/C/D), les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde et la Station de Pompage (HGA/B/C/D).
 - La galerie de liaison entre HQ Tranche 3 et HQ Tranche 4 (HGQ).

Le périmètre de la protection volumétrique de l'EPR de Flamanville s'étend en infrastructure et en superstructure des bâtiments. La protection en infrastructure est constituée d'ouvrages en béton armé et de dispositifs d'étanchéification des ouvertures. Les éléments de la protection en superstructure comprennent des seuils d'accès aux locaux à protéger, les batardeaux, les calfeutrements de trémies, les murs et de l'étanchéité de portes sécuritaires.

Le périmètre de protection en infrastructure est délimité en élévation depuis le niveau inférieur des radiers jusqu'aux niveaux :

- + 9,25 m NGF N côté mer (concerne uniquement la station de pompage),
- + 12,40 m NGF N côté plateforme (concerne les bâtiments de l'îlot nucléaire et la station de pompage). En station de pompage, le périmètre de PV en infrastructure comprend les puits SEC, abritant en particulier les pompes SEC, SRU et CFI basse pression).

Le niveau de la PV en superstructure est fixé à +12,60 m NGFN.

2.3. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR DEBORDEMENT DE LA SOURCE FROIDE

2.3.1. Evaluation de la cote maximale de débordement de la source froide

La Cote Maximale de débordement (CMD) de la source froide est définie via les études des SRI NMA (Niveau Marin) et INT (Intumescence). La caractérisation de ces deux SRI et des cumuls associés est traitée dans la note [Réf \[2\]](#). La caractérisation des deux SRI NMA et INT, présentée ci-dessous, n'est pas remise en cause en cas de situations de cumul associées.

Etude de la SRI NMA :

La cote de la SRI NMA au droit du site de Flamanville est estimée à + 8,74 m NGF N.

Etude de la SRI INT :

Le site de Flamanville étant situé en bordure de Manche sans ouvrage hydraulique à proximité, seul l'arrêt brutal et simultané des pompes puisant dans le canal d'amenée peut provoquer un phénomène d'intumescence. Les trois tranches de Flamanville sont en circuit ouvert. Pour ce scénario, il est considéré de manière pénalisante, l'arrêt simultané des pompes CRF et SEC de toutes les tranches et l'arrêt des pompes SEN de l'EPR.

Le niveau d'intumescence obtenu est de 9,04 m NGF N devant la station de pompage de la tranche 3.

La cote maximale obtenue au droit de la station de pompage de l'EPR Flamanville, liée à la SRI INT, est égale à + 9,04 m NGF N.

La valeur de la Cote Maximale de Débordement de la source froide (CMD) est donc égale à + 9,04 m NGF N.

2.3.2. Analyse d'impact sur les matériels à protéger

L'analyse est effectuée pour les matériels identifiés comme cible de sûreté à protéger.

L'analyse de l'impact de la CMD et des cumuls associés, ainsi que la synthèse des dispositions à mettre en œuvre pour protéger les cibles sont tracées dans la note [Réf \[3\]](#).

La valeur de la CMD reste inférieure au niveau de la plateforme qui est calé à l'altimétrie de 12,40 m + NGF N. Cela constitue une marge de 3,36 m par rapport à la CMD.

Le risque d'arrivée d'eau sur la plateforme via des ouvrages en communication avec le canal d'amenée a été analysé. Les ouvrages concernés sont :

- La station de pompage : L'arase de la protection volumétrique de la station de pompage côté canal d'amenée étant de + 9,25 m NGF N, le risque d'entrée d'eau du canal d'amenée vers la plateforme via la station de pompage est écarté.
- L'ouvrage de rejet et de pré-rejet : En cas de CMD, le niveau d'eau maximal atteint dans le bassin de rejet est inférieur à l'arase du bassin de rejet calée à + 12,40 m NGF N, grâce à la disponibilité du déversoir du bassin vers le canal d'amenée. Ce niveau reste inférieur au niveau du caniveau d'évacuation du bassin de pré-rejet vers le bassin de rejet. Aucun impact n'est donc à prévoir sur la protection assurée pour la station de pompage qui est à un niveau de + 11 m NGF N côté bassin de pré-rejet.
- Le bâtiment de rejet et de confinement des eaux pluviales : en cas de CMD, l'eau issue du canal d'amenée pourrait remonter via le réseau SEO. Cependant, l'altimétrie maximale des avaloirs SEO en plateforme étant supérieur à + 12 m, le risque de débordement en plateforme est écarté.

Les cibles de sûreté présentes en plateforme sont donc protégées.

Hors matériels nécessaires à la fonction de filtration, les cibles de sûreté de la station de pompage sont soit situées à un niveau supérieur à la CMD soit intégrées dans le périmètre de la protection volumétrique (jusqu'au niveau de +9.25 m NGF N).

Le système de filtration reste par ailleurs disponible :

- Les rampes de lavage sont implantées aux niveaux :
 - + 9,40 m NGF N pour les filtres à chaînes : ces rampes sont donc protégées de la CMD.
 - + 8,85 m NGF N pour la rampe basse et + 9,96 m NGF N pour la rampe haute des tambours filtrants : les rampes basses sont donc noyées en CMD tandis que les rampes hautes sont protégées.
 - Les autres matériels nécessaires à la fonction de filtration sont, soit intégrés dans le périmètre de protection volumétrique, soit positionnés à une altimétrie supérieure à la CMD.
 - L'évacuation des eaux de lavage reste opérationnelle malgré l'augmentation du niveau au sein des goulottes d'évacuation.

Le système de préfiltration de l'eau brute (SEF) reste disponible car l'instrumentation de perte de charge des grilles de préfiltration reste fonctionnelle, grâce aux cotes de calage des tubes guides et de la partie sensible des capteurs qui sont supérieures à la CMD.

Tout risque de by-pass PV de l'ouvrage de pré-rejet est écarté par dispositions de conception (points hauts sur tuyauteries).

Cette analyse reste valable en cas de cumuls associés à la CMD.

2.4. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR PRESENCE D'UNE LAME D'EAU A L'INTERIEUR DU SITE

2.4.1. Evaluation de la Cote Maximale de Lame d'eau sur le site

La Cote Maximale de Lame d'eau (CML) est définie via les études des SRI PLU (Pluies locales) et DDOCE (Dégradations ou Dysfonctionnements d'Ouvrages, de Circuits ou d'Equipements). La caractérisation de ces deux SRI et des cumuls associés est traitée dans la note [Réf \[2\]](#). La caractérisation des deux SRI NMA et INT, n'est pas remise en cas de situations de cumuls associée.

Etude de la SRI PLU :

Deux scénarii sont considérés :

- Un scénario de "pluie de référence": le scénario le plus pénalisant est une pluie de forte intensité d'une durée totale de 2 heures, de type "double triangle" et d'une durée de période intense de 15

minutes. Pour ce scénario, le réseau SEO de Flamanville est en débordement sur de nombreuses branches des réseaux, conduisant à une lame d'eau atteignant un niveau de + 12,38 m NGF N, soit 8 cm au sein des voiries.

- Un scénario de "Ruissellement de surface de référence": Le scénario considéré est une pluie rectangulaire centennale d'une durée d'une heure conjuguée à un réseau SEO inopérant. Ce scénario conduit à une lame d'eau de + 12,48 m NGF N, soit 8 cm au-dessus du niveau de la plateforme.

La cote d'eau maximale atteinte par la SRI PLU est donc de + 12.48 m NGF N.

Etude de la SRI DDOCE :

L'étude de cette SRI est réalisée selon deux volets : un volet « Rupture simple » et un volet « rupture multiple ».

Pour le volet « rupture simple », deux scénarii sont considérés :

- La rupture conventionnelle d'un des ouvrages, circuits ou équipements situés sur la plateforme à l'extérieur des bâtiments.
- La rupture conventionnelle d'un des ouvrages, circuits ou équipements situés à l'intérieur des bâtiments ne contenant pas de cibles à protéger (salle des machines, station de déminéralisation du site, etc..).

Pour le volet rupture simple de la SRI DDOCE, le scénario le plus pénalisant est la rupture d'une tuyauterie CRF en amont du condenseur en salle des machines de la tranche 3. Cependant, ce scénario ne conduit à aucun déversement en plateforme.

Pour le volet « ruptures multiples », le scénario étudié est l'inondation engendrée par un séisme, agression pénalisante en raison de son caractère non local. L'analyse est conduite en considérant un séisme de niveau SMS.

Ce scénario prend en compte les ruptures suivantes :

- Rupture de toutes les capacités non sismiques à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments ne recevant pas d'EIPS.
- Rupture totale de la tuyauterie non dimensionnée au séisme conduisant aux conséquences les plus importantes parmi toutes les tuyauteries situées à l'intérieur des bâtiments ne recevant pas d'EIPS : la tuyauterie CRF en amont du condenseur de la tranche 3 conduit aux conséquences les plus importantes.
- Rupture totale de la tuyauterie non dimensionnée au séisme et conduisant aux conséquences les plus importantes, parmi toutes les tuyauteries sur la plateforme : la rupture de la tuyauterie de débit nul des pompes CTE des tranches 1 et 2 conduit aux conséquences les plus importantes.
- Rupture des compensateurs non sismiques : les compensateurs CRF sont résistants au séisme. Le risque de rupture simple ou multiple de compensateurs CRF est donc exclu.

Le scénario « Ruptures multiples » conduit à une lame d'eau atteignant une altimétrie maximale de + 12,41 m NGF N, soit 1 cm au-dessus de la plateforme.

Ainsi, la valeur de la Cote Maximale de Lame d'eau (CML), associée à la SRI PLU, est égale à + 12,48 m NGF N.

2.4.2. Analyse d'impact sur les matériels à protéger

L'analyse est effectuée pour les matériels identifiés comme cible de sûreté à protéger.

L'analyse de l'impact de la CML et la synthèse des dispositions à mettre en œuvre pour protéger les cibles sont tracées dans la note [Réf \[3\]](#).

La protection vis-à-vis de la CML, des bâtiments abritant des cibles de sûreté est assurée par le périmètre de la Protection Volumétrique en superstructure. Le niveau haut de cette protection se situe à une altimétrie de + 12,60 m NGF N. Les protections mises en œuvre (atardeaux, par exemple) garantissent l'absence d'entrée d'eau dans les bâtiments du périmètre de protection en cas de SRI PLU et DDOCE.

La tenue au SMS des compensateurs CRF permet de limiter le volume d'eau déversé en salle des machines en cas de rupture CRF suite à séisme.

Le réseau d'eaux pluviales SEO permet d'évacuer l'eau présente sur la plateforme en cas de pluie.

Les toitures des bâtiments de la PV sont robustes à la charge d'eau générée par la SRI PLU.

Les risques de by-pass de la PV sont écartés par disposition de conception (ex : mise en place de clapets anti-retour, de vannes automatiques ou de présence de points hauts).

L'analyse d'impact d'une lame d'eau sur les EIPS présents sur la plateforme et dans les bâtiments en dehors du périmètre de la PV est tracée dans le [§ 2.6.2.](#)

Cette analyse reste valable en cas de cumuls associés à la CML.

2.5. PROTECTION CONTRE UNE INONDATION PAR REMONTEE DE NAPPE PHREATIQUE

2.5.1. Evaluation de la Cote Maximale de Remontée de Nappe Phréatique (CMN)

La Cote Maximale de remontée de la Nappe phréatique (CMN) est définie via l'étude de la SRI RNP (Remontée de la Nappe Phréatique).

La caractérisation de cette SRI est traitée dans la note [Réf \[2\]](#).

Pour Flamanville 3, la combinaison d'un « niveau initial » et de l'effet de remontée dû à un « initiateur » est considérée. Les initiateurs considérés sont les SRI NMA et PLU.

La remontée de la nappe est estimée au niveau des bâtiments de l'îlot nucléaire, à + 9,40 m NGF N. La remontée de la nappe à cet endroit est influencée par l'effet des pluies.

La remontée de la nappe est estimée à + 8,74 m NGF N au niveau de la station de pompage. La remontée de la nappe à cet endroit est influencée par l'effet de la SRI NMA.

La valeur retenue pour la Cote Maximale de remontée de la Nappe phréatique (CMN), au niveau de l'IN, est donc de + 9.40 m NGF N. La valeur de CMN retenue pour la station de pompage est de 8,74 m NGF N.

2.5.2. Analyse d'impact sur les matériels à protéger

L'analyse est effectuée pour les matériels identifiés comme cible de sûreté à protéger.

L'analyse de l'impact de la CMN et la synthèse des dispositions à mettre en œuvre pour protéger les cibles sont tracées dans la note [Réf \[3\]](#).

Les différents niveaux de nappe évalués en cas de SRI RNP sont :

- Inférieurs au niveau de la plateforme du site (+ 12,40 m NGF N) : il n'y aura donc pas de débordement en surface dans l'enceinte de la tranche 3 ni au niveau de la station de pompage, en cas de remontée de la nappe.
- Inférieurs aux niveaux supérieurs de la Protection Volumétrique en infrastructure soient + 9,25 m NGF N côté mer (concerne uniquement la Station De Pompage) et + 12,40 m NGF N côté plateforme (concerne les bâtiments de l'îlot nucléaire et la station de pompage).

- Sans impact sur la tenue structurelle des bâtiments inclus dans le périmètre de la PV de la tranche 3.

Les risques de by-pass de la PV en infrastructure sont écartés par dispositions de conception (ex : présence de points hauts, de bride pleine ou de vanne normalement fermée).

Par ailleurs, aucun matériel identifié comme cible de sûreté à protéger n'est localisé au sous-sol de bâtiments situés en dehors du périmètre de la PV (hors matériels de la station de pompage directement en contact avec le canal d'amenée et non impactés par la remontée de la nappe phréatique).

L'EPR de Flamanville est donc robuste vis-à-vis de la remontée de nappe phréatique.

2.6. PROTECTION D'UNE INONDATION PAR FRANCHISSEMENTS

2.6.1. Evaluation des volumes de franchissement

La Situation de Référence pour le risque d'Inondation (SRI) susceptible d'entraîner des franchissements est la SRI VAG (Vagues). La situation de tempête en bord de mer qui est un cumul de plusieurs phénomènes d'inondation (houle, niveau marin et pluie) peut également conduire à des franchissements. La caractérisation de ces deux situations est traitée dans la note [Réf \[2\]](#).

Etude de la SRI VAG :

Les volumes de franchissements associés à cette SRI correspondent à des vagues levées par un vent centennal propagé sur le niveau marin de référence. Ces volumes d'eau répartis sur la surface d'étalement du site de Flamanville, conduisent à une lame d'eau en plateforme de + 12,50 m NGF N.

Etude du cumul "Situation de tempête en bord de mer" :

La situation de tempête en bord de mer correspond au cumul de la SRI VAG avec une pluie décennale régulière et continue sur 24h.

Le niveau d'eau obtenu en cas de "tempête en bord de mer" est de +12,50 m NGF N.

La lame d'eau maximal générée suite aux phénomènes provoquant des franchissements (SRI VAG, cumul tempête en bord de mer) atteint une altimétrie de + 12,50 m NGF N.

2.6.2. Analyse d'impact sur les matériels à protéger

L'analyse est effectuée pour les matériels identifiés comme cible de sûreté à protéger.

L'analyse de l'impact des franchissements et la synthèse des dispositions à mettre en œuvre pour protéger les cibles sont tracées dans la note [Réf \[3\]](#).

La protection vis-à-vis des phénomènes de franchissements des bâtiments abritant des cibles de sûreté, est assurée par le périmètre de la Protection Volumétrique en superstructure (voir [§ 2.4.2.](#)).

Quelques EIPS sont présents sur la plateforme et dans les autres bâtiments ou locaux en dehors du périmètre de la protection volumétrique. Ces matériels ne sont pas vulnérables à une lame d'eau inférieure ou égale à + 12,6 m NGF N. Aucune disposition particulière n'est donc à prévoir pour la protection des EIPS présents sur la plateforme et dans les bâtiments situés en dehors du périmètre de la protection volumétrique.

Tout risque de by-pass PV est écarté par dispositions de conception (ex : mise en place de clapets anti-retour, de vannes automatiques, de présence de points hauts ou de vannes normalement fermées).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.5

PAGE 15/15

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Guide de l'Autorité de Sûreté Nucléaire n°13 « Version du 08/01/2013 » relatif à la protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes.

[2] D305220030354 [B] - VD31300/VC1 EPR-DDS5 FLA - Note de caractérisation des CMD, CML, CMN et franchissements.

[3] D305220076128 [B] - VD31300/VC1 EPR-DDS5 FLA - Note de synthèse d'agression inondation externe.

SOMMAIRE

.3.3.6 PROTECTION CONTRE LES CONDITIONS CLIMATIQUES

EXTREMES	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	3
0.2. PROTECTION CONTRE LA NEIGE ET LE VENT	3
0.3. PROTECTION CONTRE LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT	3
0.4. PROTECTION CONTRE LES TEMPÉRATURES FROIDES DE L'AIR	3
0.5. PROTECTION CONTRE LA CANICULE	4
1. BASES DE CONCEPTION	4
1.1. NEIGE ET VENT	4
1.1.1. CARACTÉRISATION DE L'ALÉA	4
1.1.2. CUMULS	4
1.2. PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT	5
1.2.1. CARACTÉRISATION DE L'ALÉA	5
1.2.2. CUMULS	5
1.3. TEMPÉRATURES FROIDES DE L'AIR	5
1.3.1. CARACTÉRISATION DE L'ALÉA	5
1.3.2. PRISE EN COMPTE DE LA PERTE DES SOURCES ÉLECTRIQUES EXTERNES (MDTE)	6
1.3.3. CUMULS	7
1.3.4. PRISE EN COMPTE DU VENT ASSOCIÉ AU FROID	7
1.3.5. CIBLES À PROTÉGER	7
1.4. CANICULE	8
1.4.1. CARACTÉRISATION DE L'ALÉA	8
1.4.2. CUMULS	8
1.5. DURÉES DE LA PERTE DE LA SOURCE FROIDE ET MDTE	9
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	9
2.1. RÉSISTANCE A LA NEIGE	9
2.1.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	9
2.1.2. ANALYSE POUR LES BÂTIMENTS DE L'ILOT NUCLÉAIRE	9

2.1.3. ANALYSE POUR LES BÂTIMENTS DE L'ILOT CONVENTIONNEL	10
2.2. RÉSISTANCE AU VENT	11
2.2.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	11
2.2.2. ANALYSE	11
2.2.3. DISPOSITIONS VALORISÉES	11
2.3. PROTECTION CONTRE LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT	11
2.3.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	11
2.3.2. ANALYSE POUR L'ILOT NUCLÉAIRE	12
2.3.3. ANALYSE POUR L'ILOT CONVENTIONNEL	12
2.4. PROTECTION CONTRE LES GRANDS FROIDS	13
2.4.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	13
2.4.2. ANALYSE DE SÛRETÉ DES BÂTIMENTS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE	14
2.4.3. ANALYSE DE SÛRETÉ DES BÂTIMENTS DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL	17
2.5. PROTECTION CONTRE LA CANICULE	19
2.5.1. MÉTHODOLOGIE DE VÉRIFICATION DU DIMENSIONNEMENT	20
2.5.2. ANALYSE DE SÛRETÉ	20
2.5.3. ADAPTABILITÉ DE L'INSTALLATION	23
LISTES DES RÉFÉRENCES	24

.3.3.6 PROTECTION CONTRE LES CONDITIONS CLIMATIQUES EXTREMES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

L'objectif de la protection contre les agressions externes d'origine climatique est, d'une part, d'éviter ou de limiter la propagation des effets nocifs induits, d'autre part, de limiter les éventuels rejets radioactifs.

Dans le cadre d'une démarche de dimensionnement, il s'agit d'assurer le maintien des conditions d'ambiance satisfaisantes pour les systèmes dont la défaillance est susceptible de nuire à l'accomplissement des fonctions fondamentales de sûreté :

- maintenir l'intégrité du système primaire principal,
- arrêter le réacteur et évacuer la puissance résiduelle,
- limiter à un niveau acceptable tout éventuel dégagement de substances radioactives dans le site.

La démonstration de sûreté prend en considération les cumuls plausibles d'agressions.

0.2. PROTECTION CONTRE LA NEIGE ET LE VENT

Tous les ouvrages de génie civil nécessaires à l'accomplissement des objectifs de sûreté sont protégés contre les effets directs de la neige et du vent.

0.3. PROTECTION CONTRE LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT

Les projectiles susceptibles de constituer une menace c'est-à-dire ceux qui ont une masse non négligeable, une capacité d'envol et qui sont suffisamment rigides pour pouvoir agresser d'autres structures ou matériels doivent être pris en compte.

Sont protégés contre les projectiles susceptibles d'être générés par le vent pris en compte pour le dimensionnement de l'installation, les équipements extérieurs aux bâtiments :

- classés F1,
- classés F2 nécessaires au repli de la tranche en état d'arrêt sûr.

Les matériels situés à l'intérieur des bâtiments sont réputés protégés contre les projectiles générés par le vent. Néanmoins, une analyse des cibles potentielles situées dans les bâtiments présentant des fragilités aux projectiles générés par le vent est effectuée de façon conservative.

0.4. PROTECTION CONTRE LES TEMPÉRATURES FROIDES DE L'AIR

Pour les conditions de Froid correspondant au dimensionnement, les équipements F1 et F2 doivent pouvoir accomplir leurs fonctions.

Cette température de dimensionnement n'est pas supposée limitée dans le temps, elle est donc prise en compte en régime permanent.

Le Grand Froid est considéré comme une agression externe d'origine naturelle ; on parle de Grand Froid lorsque les températures vont en deçà de la température retenue pour le dimensionnement.

L'installation doit être en mesure de faire face à toute situation PCC-2 à 4 cumulée au Grand Froid.

Les matériels à protéger contre le Grand Froid sont ceux nécessaires pour ramener l'installation en état d'arrêt sûr et l'y maintenir, et pour limiter les conséquences radiologiques, même en cas de perte des alimentations électriques externes.

Cependant, certains cas particuliers sont exclus :

- Les équipements de manutention que l'on s'interdit d'utiliser par période de Grand Froid si les températures ambiantes ne sont pas compatibles avec le bon fonctionnement des matériels de manutention ou des matériels garantissant la sûreté en cas de manutention combustible (DWL, chaînes KRT...).
- Les équipements qui sont utilisés dans des conditions dont la fréquence d'occurrence relève du risque résiduel (notamment, le cumul "Grand Froid + Perte des alimentations électriques externes + Accident").

Les équipements qui sont spécialement nécessaires pour la gestion du Grand Froid doivent être classés F2.

On s'assure, selon le cas :

- de la disponibilité du matériel ; celui-ci doit être capable de remplir sa fonction pendant la période de Grand Froid considérée,
- de la non-détérioration du matériel ; celui-ci peut ne pas être en état de remplir sa fonction pendant la période de Grand Froid, mais il est capable de la remplir après retour à des conditions de température ne relevant plus du Grand Froid ; il est ainsi apte à fonctionner lors d'une sollicitation ultérieure au titre de la sûreté.

0.5. PROTECTION CONTRE LA CANICULE

La protection des ouvrages, systèmes et équipements nécessaires considère les températures précisées dans le [§ 1.4.](#)

1. BASES DE CONCEPTION

Compte tenu des incertitudes relatives à l'évaluation des paramètres climatiques à couvrir sur la durée de vie du réacteur, la conception initiale du réacteur EPR prévoit des facilités d'adaptation, au cours de son exploitation, à d'éventuelles évolutions réelles du climat qui se révéleraient plus importantes que celles prévues à l'origine.

Comme explicité précédemment, les facilités d'adaptation aux évolutions du climat peuvent être prévues de trois façons :

- Prise en compte de marges supplémentaires à la conception vis-à-vis des cas de charge retenus,
- Faisabilité de modifications de l'installation,
- Acceptabilité d'évolution de l'exploitation.

1.1. NEIGE ET VENT

1.1.1. Caractérisation de l'aléa

Les cas de charges retenus sont ceux définis par l'Eurocode 1 [Réf \[1\]](#), [Réf \[2\]](#).

1.1.2. Cumuls

Les Eurocodes fixent les règles de combinaison des effets de la neige et du vent.

Par choix du concepteur, un cumul avec la perte totale de la source froide est également envisagé de façon conservative.

Un lien de cause à effet entre un grand vent et une arrivée massive de colmatants (AMC) est possible (voir section 3.3.8 spécifique à la source froide). Le cumul d'un grand vent et d'une AMC est à considérer.

1.2. PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT

1.2.1. Caractérisation de l'aléa

Les projectiles enveloppes retenus sont de deux types :

- les projectiles lourds qui sont traînés sur le sol,
- les projectiles légers que l'on considère à toutes altitudes et dans toutes les directions.

Dans ces conditions, les projectiles atteignent les vitesses suivantes exprimées en fonction de la vitesse maximale propre au site :

Projectiles	Dimension (m)	Masse (kg)	Altitude maximum (m)	Vitesse
□	□	□	□	□
□	□	□	□	□
□	□	□	□	□

1.2.2. Cumuls

On considère un MDTE matériel de 5 jours potentiellement induit par le grand vent.

Par choix du concepteur, un cumul avec la perte totale de la source froide est également envisagé de façon conservative.

Un lien de cause à effet entre un grand vent et une arrivée massive de colmatants (AMC) est possible (voir section 3.3.8 spécifique à la source froide). Le cumul des projectiles générés par le vent et d'une AMC est à considérer à titre conservatif.

L'inondation externe (voir section 3.3.5) et l'explosion interne (voir section 3.4.6) potentiellement induite par les projectiles générés par le vent sont à considérer. Il convient de s'assurer que la détérioration par des projectiles (éventuellement multiples) d'équipements extérieurs (bâches, tuyauteries, parc à gaz) situés sur la plate-forme n'est pas susceptible d'affecter les matériels nécessaires pour ramener l'installation en état sûr et l'y maintenir (risque inondation ou explosion interne) y compris en situation de MDTE, de perte totale de la source froide principale et du cumul MDTE + perte totale de la source froide principale.

1.3. TEMPÉRATURES FROIDES DE L'AIR

1.3.1. Caractérisation de l'aléa

Pour le dimensionnement, on retient les trois valeurs caractéristiques suivantes :

- 1) le minimum de la température moyenne observé pendant plus de 7 jours consécutifs ayant une durée de retour de 50 ans,
- 2) le minimum de la température moyenne sur 24 heures, ayant une durée de retour de 100 ans,
- 3) la température minimale instantanée (ou tri horaire si on ne dispose pas de la précédente), ayant une durée de retour de 100 ans.

On applique au minimum de la température moyenne sur 24 heures et à la température minimale instantanée une marge forfaitaire de 4 à 5°C.

Par conservatisme, le changement climatique n'est pas pris en compte.

La démonstration de sûreté s'effectue vis-à-vis de la température de site conformément à la Prescription Technique 167-41. Ainsi les températures froides d'air extérieur supports à la démonstration de sûreté de l'EPR FA3 sont définies comme suit :

- La température longue durée représente des conditions pouvant survenir fréquemment et persister (régime normal et permanent). Elle est utilisée avec la prise en compte d'une durée permanente.
- La température courte durée est représentative d'une température ne pouvant survenir que pour des périodes limitées à la fois dans le temps et en terme de fréquence. La température enveloppe des températures courte durée de site pour un palier donné définit la température courte durée qui est utilisée dans le dimensionnement avec une durée de 7 jours.
- La température instantanée se substitue à la température courte durée pour les matériels de faible inertie thermique. La température enveloppe des températures instantanées de site pour un palier donné définit la température qui est utilisée dans le dimensionnement avec une durée de 6 heures.
- La température longue durée est déterminée selon des distributions ajustées sur les minima hivernaux avec []
- La température courte durée est déterminée selon les valeurs centennales obtenues avec []

La température instantanée est déterminée selon les valeurs centennales obtenues avec []

Par choix concepteur, des températures de découplage palier ont été définies et sont utilisées pour le dimensionnement des équipements standards mais ne portent pas la démonstration de sûreté

Le tableau suivant récapitule les valeurs de températures de sûreté et découplées.

	Exigence de sûreté (cf. PT INB 167-41) Températures de site	Températures de découplage palier
Température Longue Durée	[]°C	[]°C
Température Courte Durée	[]°C	[]°C
Température Instantanée	[]°C	[]°C

La valeur à considérer vis-à-vis des exigences de sûreté doit prendre en compte des conditions initiales précédant la période de froid d'agression. Elle est prise égale à la température minimale moyenne sur 30 jours avec une durée de retour de 2 ans []

Pour des raisons de simplification des calculs, cette valeur avant froid peut être prise forfaitairement plus pénalisante.

Pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil, les sollicitations thermiques tiennent compte de la température longue durée. Les températures « courte durée » et « instantanée » sont utilisées pour concevoir les circuits de ventilation et la protection contre le gel.

L'adaptabilité de l'installation vis-à-vis des évolutions climatiques pour le grand froid ne nécessite pas d'étude particulière. En effet, la situation actuelle est enveloppe de la situation future.

1.3.2. Prise en compte de la perte des sources électriques externes (MDTE)

Au titre de la robustesse, il convient de s'assurer que la tranche peut être ramenée et maintenue en arrêt sûr en cas de perte des sources électriques externes, en situation d'agression Grand Froid, en

fonctionnement normal. La démonstration doit porter sur les matériels nécessaires dans cette condition de fonctionnement et sur leur aptitude à remplir leur mission.

Les autres matériels classés F1 et F2, nécessaires en période d'agression Grand Froid dans d'autres conditions de fonctionnement, doivent être disponibles après le MDTE.

La cause de perte des sources électriques envisagée en Grand Froid est de type fonctionnel.

Il y a lieu de considérer le cas de la tranche initialement en arrêt et celui de la tranche initialement en puissance qui passe en arrêt du fait de la perte des alimentations électriques externes.

1.3.3. Cumuls

L'agression Grand Froid n'est pas cumulée avec une autre agression indépendante.

Cependant, la disponibilité des moyens nécessaires de détection et de lutte contre l'incendie doit être vérifiée en période de Grand Froid.

De façon conservative, l'agression Grand Froid est étudiée, hors PCC, en cumulant un MDTE. La cause de la perte des sources électriques envisagée en Grand Froid est de type fonctionnel de durée inférieure ou égale à 6 heures. Cependant on retient la valeur enveloppe de 24 heures pour couvrir la durée du MDTE considérée en PCC-3.

De plus, au titre de la défense en profondeur, d'autres cumuls sont pris en compte, lesquels conduisent à protéger contre le Grand Froid certains matériels qui sont strictement nécessaires dans la gestion de situations RRC-A de perte de la source froide ultime ou de perte des alimentations électriques.

Les cumuls suivants sont à considérer en période de Grand Froid (voir section 3.3.8 du RDS) :

- Frasil + Grand Froid + MDTE (6h) ;
- Basses eaux et Grands Froids.

1.3.4. Prise en compte du vent associé au froid

Le vent peut intervenir à deux titres :

- d'une part, c'est un facteur qui influe sur les conditions d'échange des parois du bâtiment avec le milieu extérieur,
- d'autre part, c'est un facteur aggravant vis-à-vis du comportement de matériels situés dans des locaux comportant des ouvertures.

Par ailleurs, il convient de noter que les périodes de Grand Froid sont en pratique associées à des vents faibles ou nuls comme le confirment les relevés disponibles. En règle générale, la frontière apparaît se situer à des valeurs voisines de -15°C , en dessous de laquelle le vent est quasi inexistant. La valeur de vent retenue est de \square m/s.

1.3.5. Cibles à protéger

En résumé, les valeurs de températures retenues pour la tranche EPR sont indiquées dans le tableau suivant :

\square

1.4. CANICULE

1.4.1. Caractérisation de l'aléa

On retient trois types de températures, qui permettent le dimensionnement des installations :

- deux températures pour l'air : maximale journalière et maximale instantanée ;
- une température pour l'eau de la source froide : maximale journalière.

La façon de définir ces températures et le principe de leur utilisation sont définis ci-après :

- Température maximale journalière de l'air, avec l'humidité relative associée ($T_{\text{air max jour}}$), à utiliser pour les bâtiments à forte inertie thermique : les températures sont des moyennes 12 heures ayant un niveau de retour 100 ans ;
- Température maximale instantanée de l'air, avec l'humidité relative associée ($T_{\text{air max inst}}$), à utiliser pour les bâtiments à faible inertie thermique ou les matériels extérieurs : les températures sont des températures instantanées, ayant un niveau de retour 100 ans ;
- Température de la source froide : les températures sont déterminées avec un niveau de retour 100 ans .

Les valeurs de base définies pour le palier EPR, sont choisies pour couvrir 100 % des zones géographiques d'implantation actuelle des sites nucléaires.

Le sous-standard bord de mer froide utilisé permet de couvrir l'implantation d'un EPR en bord de Manche (du Nord au Finistère inclus)⁴ et de dimensionner certains systèmes et équipements dont le dimensionnement est directement fonction des données de site.

1.4.1.1. Températures d'air et humidités relatives associées

- $T_{\text{air max jour}}$
Températures d'air avec humidité relative associée pour les bâtiments à forte inertie thermique : moyenne 12 heures tenant compte des évolutions climatiques.

□

- $T_{\text{air max inst}}$
Températures d'air avec humidité relative associée pour les bâtiments à faible inertie thermique : température instantanée tenant compte des évolutions climatiques envisagées.

□

1.4.1.2. Température maximale de la source froide

Pour le sous standard bord de mer froide, la température maximale de la source froide enveloppe retenue est de 26°C.

Cependant, le dimensionnement de certains systèmes comme la chaîne de refroidissement RRI/SEC peut considérer des températures supérieures dans certaines conditions de fonctionnement au titre des marges à la conception.

1.4.2. Cumuls

Les installations sont dimensionnées aux températures définies pour la canicule. Par conséquent, la définition des cumuls avec la canicule n'est pas nécessaire.

4. Ou sur tout autre site dont la température de source froide définie comme ci dessus serait inférieure ou égale à la valeur retenue.

1.5. DURÉES DE LA PERTE DE LA SOURCE FROIDE ET MDTE

Dans le cadre des agressions externes d'origine climatique, la perte de la source froide et la perte des alimentations électriques externes ainsi que leur cumul sont envisagés de façon conservative.

Comme cas de charge associé, on retient les durées enveloppes suivantes :

□

On s'assurera que l'autonomie de la tranche est suffisante pour garantir le repli et le maintien en état de repli suite aux différents cas envisagés dans le tableau ci-dessus.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. RÉSISTANCE A LA NEIGE

2.1.1. Eléments de méthodologie

2.1.1.1. Nature des cibles et modes de dégradation

Les cibles à considérer sont les bâtiments classés, qui doivent être dimensionnés au cas de charge associé à la neige, ainsi que les systèmes de ventilation classés dont les ouvertures peuvent être obstruées par la neige.

2.1.1.2. Modélisation du phénomène

Le cas de charge retenu est celui défini par l'Eurocode 1 [Réf \[1\]](#).

Les données suivantes sont ainsi retenues :

- Région A1 ;
- Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol : $s_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$;
- Coefficient d'exposition : $C_e = 1$;
- Coefficient thermique : $C_t = 1$.

En particulier, pour le dimensionnement des bâtiments classés de l'IN, on considèrera également les données suivantes :

- Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol : $s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$ (marge forfaitaire de conception),
- Coefficient pour les charges exceptionnelles de neige, $C_{esl} = 2$.

On détermine ainsi les charges de neige à considérer.

L'Eurocode 1 [Réf \[1\]](#) permet de calculer les hauteurs de neige devant les ouvertures de ventilation en prenant en compte les phénomènes d'accumulation dus au vent ou au glissement de la neige depuis les bâtiments adjacents.

2.1.2. Analyse pour les bâtiments de l'Ilôt Nucléaire

La note [Réf \[3\]](#) présente la synthèse des études de l'agression Neige pour l'Ilôt Nucléaire.

2.1.2.1. Identification des cibles et analyse

L'ensemble des bâtiments de l'îlot nucléaire est dimensionné pour résister aux effets de la neige (Cf. section 3.5.4 du présent Rapport De Sûreté).

Pour les bâtiments de l'îlot nucléaire, aucune ouverture de ventilation classée ne se situe à moins de \square m \square . Ces ouvertures permettent au système DVL le refoulement de l'extraction de la division électrique 4, le système DVL étant classé.

Les hauteurs de neige atteintes devant ces ouvertures sont calculées au moyen des Eurocodes [Réf \[1\]](#), avec les hypothèses précédemment citées. Sont prises en compte l'accumulation de la neige provoquée par le vent contre les obstacles ainsi que la possibilité pour une certaine quantité de neige de chuter de la toiture plus élevée du bâtiment réacteur.

En considérant la température et le débit minimaux de l'air en sortie des ouvertures, l'analyse montre que la quantité de neige atteinte n'est pas suffisante pour obstruer les ouvertures de manière à remettre en cause le fonctionnement du système DVL (Cf. [Réf \[3\]](#)).

Ainsi, la neige n'a pas de conséquences sur la sûreté en causant l'obstruction d'ouvertures ayant un rôle vis-à-vis de la sûreté (ventilations classées, échappements diesels...).

Par ailleurs, le même type d'analyse indique que la hauteur de neige calculée en toiture des bâtiments diesels reste compatible avec le fonctionnement des générateurs diesels principaux et d'ultime secours (Cf. [Réf \[3\]](#)).

2.1.2.2. Dispositions valorisées

Sans objet

2.1.3. Analyse pour les bâtiments de l'îlot Conventionnel

La note [Réf \[4\]](#) présente la synthèse des études de l'agression Neige pour l'îlot Conventionnel.

2.1.3.1. Identification des cibles et analyse

Pour l'îlot conventionnel, les ouvrages de génie civil concernés sont la station de pompage, l'ouvrage de rejet et les galeries classées.

Le génie civil de ces ouvrages de site a été dimensionné pour résister aux effets de la neige (cf. section 3.5.4 du Rapport de Sûreté).

Vis-à-vis des phénomènes d'accumulation, la hauteur maximale de neige potentiellement accumulée pour ces bâtiments est calculée au moyen des Eurocodes (cf. [Réf \[1\]](#)) selon les hypothèses précédemment citées.

Dans le périmètre de l'îlot Conventionnel, les cibles à considérer vis-à-vis du phénomène d'accumulation sont :

- Les ouvertures des ventilations de la station de pompage,
- Les ouvertures des ventilations de l'ouvrage de pré-rejet,
- Les ouvertures des ventilations situées sur les édicules des galeries classées.

Les ouvertures des ventilations de la station de pompage sont situées à environ \square m \square , hauteur très supérieure à la hauteur de neige potentiellement accumulée.

Les ouvertures des ventilations situées sur les édicules des galeries classées sont situées à environ \square m \square , hauteur supérieure à la hauteur de neige potentiellement accumulée.

L'ouvrage de rejet ne comporte pas d'ouverture de ventilation classée susceptible d'être obstruée par la neige, à l'exception de celle valorisée pour le refroidissement [1], valorisé en cas de température extérieure élevée. Ainsi, en cas d'accumulation potentielle de neige en hiver, l'analyse montre que l'ouverture restante ([1]) ne remet pas en cause le bon refroidissement [1].

Par conséquent il n'y a donc aucun impact vis-à-vis de la sûreté associé à l'agression Neige pour la station de pompage, l'ouvrage de rejet et les galeries classées (cf. [Réf \[4\]](#)).

2.1.3.2. Dispositions valorisées

Sans objet

2.2. RÉSISTANCE AU VENT

2.2.1. Éléments de méthodologie

2.2.1.1. Nature des cibles et modes de dégradation

Les cibles à considérer sont les bâtiments classés, qui doivent être dimensionnés au cas de charge associé au vent.

2.2.1.2. Modélisation du phénomène

Le cas de charge retenu est celui donné par l'Eurocode 1 [Réf \[2\]](#) et son Annexe Nationale, qui définissent une valeur de base de la vitesse de référence du vent, qui est la vitesse moyenne du vent observée sur 10 min avec une probabilité de dépassement sur une période de un an égale à 0,02.

La vitesse moyenne du vent à une hauteur donnée, se calcule à partir de cette valeur corrigée de coefficients tenant compte de la direction du vent, de la période de l'année, de la rugosité du terrain et de l'orographie.

On en déduit la pression dynamique de pointe qui est induite par la vitesse moyenne et les fluctuations rapides de vitesse.

La valeur de base de la vitesse de référence du vent prescrite par l'Annexe Nationale et retenue pour la conception des structures de génie civil de l'EPR FA3 est de 24 m/s.

Pour l'îlot nucléaire, la valeur de base de la vitesse de référence du vent retenue est de [1] m/s : cette valeur présente des marges de conception par rapport aux 24 m/s prescrits par l'Annexe Nationale de l'Eurocode 1 [Réf \[2\]](#).

2.2.2. Analyse

Les notes [Réf \[3\]](#) et [Réf \[4\]](#) présentent la synthèse des études vis-à-vis de l'agression Vent.

Les bâtiments classés de sûreté de l'îlot nucléaire et de l'îlot conventionnel sont dimensionnés au cas de charge associé au vent, par application de l'Eurocode 1 [Réf \[2\]](#).

2.2.3. Dispositions valorisées

Sans objet

2.3. PROTECTION CONTRE LES PROJECTILES GÉNÉRÉS PAR LE VENT

2.3.1. Éléments de méthodologie

2.3.1.1. Nature des cibles et modes de dégradation

Les cibles à considérer sont mentionnées dans le [§ 0.3.](#) de la section 3.3.6.

2.3.1.2. Modélisation du phénomène

On considère le spectre de projectiles décrit dans le [§ 1.2.](#) de la section 3.3.6.

La vitesse de référence du vent retenue pour le site de Flamanville quelle que soit la hauteur est de 200 km/h.

Une marge de conception forfaitaire est appliquée pour l'Îlot Nucléaire, pour lequel on retient km/h.

2.3.2. Analyse pour l'Îlot Nucléaire

La note [Réf \[3\]](#) présente la synthèse des études vis-à-vis de l'agression Projectiles Générés par le Vent Extrême.

2.3.2.1. Identification des cibles et analyse

Les ouvertures de l'Îlot Nucléaire donnant sur l'extérieur sont :

- soit munies de portes et grilles sécuritaires,
- soit la présence de faiblesses localisées dans les bâtiments ne permet pas la perte potentielle des cibles de sûreté suite à des projectiles générés par le vent.

Les cibles à analyser (les critères d'identification sont énoncés au [§ 0.3.](#)) sont les échappements diesels principaux et SBO, les lignes de décharge VDA et VVP abritées par les silencieux VDA ainsi que la cheminée DWN. La capacité fonctionnelle de la cheminée DWN, des silencieux VDA et des cibles qu'ils protègent est assurée par conception en cas d'impact par les projectiles générés par le vent tels que définis au [§ 1.2.](#)

Des dispositifs sont mis en place pour assurer la protection des échappements diesels principaux et SBO contre les projectiles générés par le vent.

Les équipements extérieurs aux bâtiments de l'Îlot Nucléaire classés F1, F2 nécessaires au repli de la tranche en état d'arrêt sûr y-compris en cas de MDTE ou de perte totale de la source froide principale ainsi que pour la situation de cumul MDTE + perte totale de la source froide principale sont donc bien protégés contre les projectiles susceptibles d'être générés par le vent.

2.3.2.2. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées pour l'agression projectiles générés par le vent sont les suivantes [Réf \[3\]](#) :

- Les portes sécuritaires donnant sur l'extérieur,
- Les grilles sécuritaires associées aux ouvertures donnant sur l'extérieur,
- Les structures (ou cages) de protection des échappements diesels en toiture des bâtiments diesels,
- La résistance intrinsèque des silencieux VDA sur les HL1 et 4.

2.3.3. Analyse pour l'Îlot Conventionnel

La note en [Réf \[6\]](#) présente la synthèse des études de l'agression projectiles générés par le vent pour l'Îlot Conventionnel.

2.3.3.1. Identification des cibles et analyse

Dans l'Îlot Conventionnel, les cibles potentielles soumises aux projectiles générés par le vent sont :

- Des équipements appartenant au système de ventilation DVP situés à l'extérieur de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet ;

- Les grilles de préfiltration appartenant au système SEF situées situés en station de pompage.

Les équipements du système élémentaire DVP à analyser en tant que cibles sont :

- les grilles dédiées aux ventilations classées de sûreté situées à l'extérieur de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet,
- les aérocondenseurs assurant le conditionnement des équipements classés en station de pompage ou dans l'ouvrage de rejet pour une température extérieure comprise entre 32,4°C et 36°C, et situés à l'extérieur de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet,
- les cordons chauffants situés sur les grilles de ventilation de l'ouvrage de rejet.

L'analyse montre que l'endommagement suite à cette agression de ces équipements n'est pas de nature à remettre en cause le débit d'air de refroidissement et donc le fonctionnement des matériels devant être conditionnés dans ces bâtiments.

Les grilles de préfiltration du système SEF sont positionnées sur toute la hauteur du puits de prise d'eau de la station de pompage. Selon les niveaux d'eau, les grilles peuvent être partiellement dénoyées et soumises à l'impact de projectiles. Toutefois, l'analyse montre que les grilles de préfiltration sont robustes à l'impact d'un projectile généré par le vent.

Enfin la présence de faiblesses localisées dans les bâtiments de l'Ilot Conventionnel ne permet pas la perte potentielle des cibles de sûreté suite à des projectiles générés par le vent.

2.3.3.2. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées pour l'agression Projectiles générés par le vent sont listées dans la note [Réf \[7\]](#).

Il s'agit de la disposition suivante :

- La résistance intrinsèque des grilles de préfiltration du système SEF à l'impact de projectile.

2.4. PROTECTION CONTRE LES GRANDS FROIDS

2.4.1. Eléments de méthodologie

La démonstration de la conformité de l'installation EPR aux objectifs de sûreté en situation de Grands Froids est basée soit sur le dimensionnement des systèmes de ventilation qui conditionnent les locaux, soit sur des calculs thermiques. Ces calculs thermiques évaluent la température ambiante des locaux contenant des matériels et équipements classés de sûreté à vérifier vis-à-vis des Grands Froids.

Pour les ouvrages et équipements spécifiques au site, la démonstration de la conformité des bâtiments est basée sur les températures de site (voir [§ 2.4.1.2.](#)). La note [Réf \[5\]](#) présente la synthèse de l'analyse de sûreté de l'agression Grands Froids.

2.4.1.1. Nature des cibles et modes de dégradation

Les matériels requis en Grands Froids sont ceux qui sont nécessaires dans les situations suivantes :

- Tous les événements de référence PCC-2 à PCC-4,
- Le manque de tension externe,
- Les événements RRC-A suivants :
 - Perte de la source froide,
 - Manque de tension généralisé,

- Agression interne : Incendie.

Le requis de disponibilité et de non détérioration des matériels requis selon les scénarios Grands Froids est précisé dans le [§ 1.3.4.](#).

Les températures requises sont fonction du type de local. Ainsi, on distingue les types de locaux suivants dans les analyses Grands Froids:

□

2.4.1.2. Modélisation du phénomène

Pour l'analyse de sûreté des bâtiments et installations spécifiques au site (voir [§ 1.3.](#)), on retient comme températures de l'air ambiant les valeurs du site de Flamanville 3, qui sont précisées ci-après :

□

Ces températures sont issues des relevés météorologiques dont la durée de retour est de 100 ans, minorées de □.

2.4.2. Analyse de sûreté des Bâtiments de l'Îlot Nucléaire

2.4.2.1. Identification des cibles et analyse

2.4.2.1.1. Bâtiment Réacteur

Les apports calorifiques des matériels et tuyauteries du bâtiment réacteur à l'intérieur de l'enceinte interne sont jugés suffisants pour assurer la conformité des conditions d'ambiance avec le référentiel quand les conditions d'exploitation couvrent les états standards de tranche de l'état A à l'état E. En état F, c'est-à-dire quand le cœur est complètement déchargé, aucun matériel n'est requis disponible ou non détérioré dans le bâtiment réacteur au titre de la sûreté.

L'espace entre enceintes qui englobe complètement le bâtiment réacteur, est maintenu à une température minimale de 0°C pour des conditions atmosphériques de Grands Froids que la tranche soit en fonctionnement ou à l'arrêt. Ce conditionnement thermique est réalisé par des aérothermes du système EDE dimensionnés sur la base des situations PCC en condition hiver (- 15°C en régime permanent). Le dimensionnement est vérifié en cas d'agression de Grands Froids (- 15°C) (Voir section 6.2.2). Le classement des aérothermes du système EDE est F1B.

En complément au dimensionnement du système EDE, toutes les tuyauteries du système RBS (voir sous-chapitre 6.7) qui transitent dans l'espace entre enceintes et le bâtiment réacteur, sont protégées contre le risque de cristallisation du bore par un traçage électrique classé F1B et alimenté par des tableaux secourus par les diesels principaux, des interconnexions avec les divisions électriques voisines sont prévues en cas de maintenance des tableaux.

Les déperditions thermiques du bâtiment réacteur sont très limitées pour les raisons suivantes :

- Il n'y a pas de transfert direct d'air de l'extérieur vers le bâtiment réacteur.
- Le bâtiment réacteur est un bâtiment à forte inertie thermique.

En conclusion, compte tenu des forts apports calorifiques dans le bâtiment, du dimensionnement de la ventilation de l'espace entre enceintes en limite du bâtiment et des faibles déperditions thermiques vers l'extérieur, les conditions d'ambiance dans le bâtiment réacteur sont considérées comme indépendantes des conditions extérieures et conformes au référentiel Grands Froids. En cas de cumul avec un manque de tension externe, l'inertie thermique du bâtiment est suffisante pour prolonger cette conformité. Aucune vérification complémentaire n'est effectuée pour ce bâtiment.

2.4.2.1.2. Bâtiments de l'îlot nucléaire faisant l'objet d'études de vérification

2.4.2.1.2.1. Démarche d'étude adoptée pour les bâtiments de l'îlot nucléaire hors BR

Un bilan thermique est effectué :

- pour les scénarios de température courte durée pour tous les bâtiments,
- pour le scénario de température instantanée pour les bâtiments à faible inertie thermique et pour les équipements installés à l'extérieur.

Pour chaque bâtiment, la démarche consiste à identifier les différents types de matériels sensibles aux Grands Froids, puis à les localiser. Les températures des locaux issues des calculs thermiques sont comparées aux températures requises par type de matériel requis en situation de Grand Froid.

Si la température d'un local qui contient un matériel requis en Grands Froids est inférieure à celle qui permet de garantir la disponibilité du matériel, des dispositions sont mises en place. Ces dispositions peuvent agir sur la température du local ou sur la protection ciblée d'une tuyauterie. Elles consistent en la mise en place de convecteurs, secourus ou non selon le requis, ou de calorifugeage et de traçage électrique, secouru ou non selon le requis.

Les principaux matériels sensibles aux Grands Froids sont les systèmes véhiculant du bore, les batteries, le matériel informatique, le matériel des salles de commande, les bâches à soude, les pompes avec caisse à huile, les matériels électriques, les équipements de contrôle commande et les systèmes d'eau.

Dans les études thermiques, les principaux apports calorifiques considérés sont ceux des systèmes de ventilation et des systèmes électriques fonctionnant en continu (hors MDTE). Sur les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, les apports calorifiques (matériels et ventilation) valorisés en agression Grands Froids doivent aussi justifier d'un niveau de classement F2. En situation de MDTE seuls les apports calorifiques des équipements secourus peuvent être considérés.

En première approche, et de manière enveloppe, l'analyse de sûreté est effectuée en considérant le requis de disponibilité, même pour les matériels qui ont uniquement un requis de non détérioration, la vérification de disponibilité est effectuée sur l'ensemble des matériels classés de sûreté (d'après le paragraphe 3.2). Dans le cas de la non disponibilité d'équipements non nécessaires pour la gestion du scénario en situation de MDTE, il est vérifié leur non détérioration.

2.4.2.1.2.2. Bâtiment combustible

Le bâtiment combustible ne présente pas de larges ouvertures donnant sur l'extérieur. Par conséquent, ce bâtiment est à forte inertie thermique.

Les études thermiques [Réf \[5\]](#) démontrent que, quel que soit le scénario Grands Froids :

- tous les locaux qui contiennent des systèmes qui abritent une exigence fonctionnelle de sûreté visant à véhiculer du bore à forte concentration (supérieure à 4000 ppm) à destination du coeur sont maintenus à une température supérieure à 18°C,
- tous les locaux contenant des pompes classées, équipées ou non de caisse à huile, sont maintenus à une température supérieure à 8°C,
- tous les autres locaux du bâtiment combustible sont maintenus à une température supérieure à 5°C, à l'exception de locaux pour lesquels les seuls matériels classés ne présentent pas de risque de détérioration à cette température, d'un local dont la perte des équipements n'entraîne pas de conséquence sur la sûreté, de locaux dont les températures restent positives ce qui permet aux clapets coupe-feu de rester disponibles, et de locaux qui ne contiennent pas de matériel classé,
- la disponibilité des systèmes de détection et de lutte contre l'incendie est avérée.

Sur cette base, l'analyse de sûreté permet de confirmer que le bâtiment combustible est conforme au référentiel Grands Froids.

2.4.2.1.2.3. Bâtiment de traitement des effluents

Le Bâtiment de traitement des effluents ne présente pas de larges ouvertures donnant sur l'extérieur. Par conséquent, ce bâtiment est à forte inertie thermique.

Les études thermiques [Réf \[5\]](#) démontrent que :

- la salle de commande et le local contenant des armoires de contrôle commande sont maintenus à une température supérieure à 10°C,
- les locaux contenant des pompes équipées de caisses à huile sont maintenus à des températures supérieures à 8°C,
- tous les autres locaux du bâtiment de traitement des effluents sont maintenus à une température supérieure à 5°C à l'exception de locaux qui contiennent des tuyauteries 8TES non requises en Grands Froids (en cas de cristallisation du bore, l'intégrité de ce système ne serait pas remis en cause et la sûreté de l'installation serait garantie), d'un local contenant des tuyauteries 8RPE ne présentant pas de risque vis-à-vis de la sûreté (l'intégrité n'étant pas mise en cause), de locaux ne contenant pas de matériel classé,
- la disponibilité des systèmes de détection et de lutte contre l'incendie est avérée.

L'analyse de sûreté permet donc de confirmer que le bâtiment de traitement des effluents est conforme au référentiel Grands Froids.

2.4.2.1.2.4. Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde

Certains locaux des BAS 1 et 4 ont des ouvertures formées par des membranes et donc une inertie thermique faible. Les locaux des BAS 2 et 3 sont considérés comme ayant une forte inertie thermique.

Les études thermiques [Réf \[5\]](#) démontrent que, quel que soit le scénario Grands Froids :

- tous les locaux contenant des batteries classées, sont maintenus à une température supérieure à 18°C [],
- tous les locaux contenant des bâches contenant de la soude sont maintenus à une température supérieure à 10°C,
- tous les locaux contenant des armoires de contrôle-commande classées, la salle de commande et la station de repli, sont maintenus à une température supérieure à 5°C,
- tous les locaux contenant des pompes classées, équipées ou non de caisse à huile, sont maintenus à une température supérieure à 8°C,
- les autres locaux des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde contenant des équipements classés sont maintenus à une température supérieure à 5°C à l'exception de locaux où les équipements sont dimensionnés en conséquence. Notamment les locaux donnant directement sur l'extérieur qui constituent les prises d'air et les refoulements des systèmes de ventilation atteignent des températures basses prises en compte dans le dimensionnement des systèmes de ventilation, ce qui permet de garantir leur disponibilité,
- la disponibilité des systèmes de détection et de lutte contre l'incendie est avérée.

Les études thermiques et l'analyse de sûreté démontrent que les systèmes classés requis dans les scénarios Grands Froids sont maintenus disponibles, ce qui permet donc de confirmer que les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont conformes au référentiel Grands Froids.

2.4.2.1.2.5. Bâtiment des auxiliaires nucléaires

Le Bâtiment des auxiliaires nucléaires ne présente pas de larges ouvertures donnant directement sur l'extérieur. Par conséquent, ce bâtiment est à forte inertie thermique.

Les études thermiques [Réf \[5\]](#) démontrent que :

- les locaux contenant des pompes classées, équipées ou non de caisse à huile ont des températures supérieures à 8°C,

- tous les autres locaux du bâtiment des auxiliaires nucléaires sont maintenus à une température supérieure à 5°C à l'exception de locaux vides ou ne contenant pas de matériel classé.
- la disponibilité des systèmes de détection et de lutte contre l'incendie est avérée.

L'analyse de sûreté permet donc de confirmer que le bâtiment des auxiliaires nucléaires est conforme au référentiel Grands Froids.

2.4.2.1.2.6. Bâtiments diesels

Les Bâtiments diesels présentent de larges ouvertures donnant directement sur l'extérieur. Par conséquent, ces bâtiments sont à faible inertie thermique.

Les études thermiques [Réf \[5\]](#) démontrent que :

- tous les locaux contenant des batteries sont maintenus à une température compatible avec leur requis quel que soit le scénario Grands Froids. Ces résultats permettent de garantir la disponibilité des alimentations électriques secourues par les batteries des auxiliaires de sauvegarde, qu'elles soient requises ou non en Grands Froids,
- tous les locaux contenant des pompes classées, équipées ou non de caisse à huile, sont maintenus à une température supérieure à 8°C,
- tous les autres locaux des bâtiments diesels sont maintenus à une température supérieure à 5°C à l'exception de locaux communiquant directement avec l'air extérieur. Des analyses montrent que les températures minimales sont compatibles avec le bon fonctionnement des équipements dans ces locaux. Les différents systèmes restent disponibles,
- la disponibilité des systèmes de détection et de lutte contre l'incendie est vérifiée.

Sur cette base, l'analyse de sûreté permet de confirmer que les bâtiments diesels sont conformes au référentiel Grands Froids.

2.4.2.2. Dispositions valorisées

Les dispositions agression Grands Froids sont les moyens matériels qui sont valorisés dans les études et qui permettent d'agir, spécifiquement en période de Grands Froids, sur la température des locaux qui abritent ces matériels. Ces dispositions agression s'appuient sur des convecteurs locaux, des réchauffeurs électriques installés en gaine ou encore des aérothermes (ventilo-convecteurs). Dans le cas des Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, l'augmentation de la température de soufflage à 21°C fait également partie des dispositions valorisées. Ces équipements peuvent être requis secourus ou non par des diesels selon qu'ils sont nécessaires à la gestion du Grand Froid en situation de MDTE. Les capteurs de température qui ordonnent l'enclenchement de ces moyens de chauffage quand la température de l'air n'est pas suffisamment élevée font également partie des dispositions agression Grands Froids.

Les dispositions matérielles passives valorisées dans les études thermiques Grands Froids pour leur isolation thermique sont les portes donnant sur l'extérieur, les calfeutrements de traversées donnant sur l'extérieur, les calorifugeages des tuyauteries, ainsi que les panneaux isolants installés sur les locaux des Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde.

Les dispositions organisationnelles prises en cas de Grands Froids sont l'interdiction de manutention combustible ainsi que l'information de l'exploitant sur les températures de l'air afin de la suivre et d'en anticiper les évolutions.

2.4.3. Analyse de sûreté des Bâtiments de l'Îlot Conventionnel

2.4.3.1. Identification des cibles et analyse

2.4.3.1.1. Station de pompage

La station de pompage est un bâtiment à forte inertie thermique compte tenu du faible nombre d'ouvertures sur l'extérieur. Les plénums d'admission de la station de pompage, et la zone des halls compris entre les grilles de diffusion et la zone d'influence des aérothermes les plus proches

constituent des zones à faible inertie thermique car situées en amont des premiers équipements de chauffage. Toutefois, aucun équipement sensible à protéger n'est identifié dans ces zones et aucune disposition particulière n'est prise vis-à-vis du scénario Grands Froids de durée instantanée.

Le scénario de Grands Froids de durée instantanée n'est donc pas considéré (-19°C sur 6 heures).

L'ensemble des locaux de la station de pompage est ventilé et conditionné par le système de ventilation DVP, à l'exception :

- Des locaux réserve situés dans les halls HPB et HPC : ventilation naturelle et aucun conditionnement car ces locaux sont vides.
- Des alvéoles des filtres à chaînes de HPA et HPD : non ventilées, conditionnées indirectement par □.
- Des alvéoles des tambours filtrants de HPB et HPC : munies d'un brassage et conditionnées.
- Des escaliers d'accès au fond des alvéoles des tambours filtrants de HPB et HPC, qui sont ouverts sur le hall : non ventilés, non conditionnés en l'absence d'équipement sensible.
- Des petits locaux techniques abritant les ventilateurs de mise en surpression des cages d'escalier : non ventilés, non conditionnés car les ventilateurs sont non classés.

Pour les locaux conditionnés, le dimensionnement du système de ventilation prend en compte les températures extérieures correspondant au scénario Grands Froids longue durée (-15°C en régime permanent).

Les équipements requis en Grands Froids installés dans les locaux de la station de pompage sont donc protégés vis-à-vis des Grands Froids par le bâtiment dont les équipements de conditionnement permettent d'assurer des températures minimales compatibles avec la disponibilité de ces équipements.

L'analyse de sûreté permet donc de confirmer que la station de pompage est conforme au référentiel Grands Froids.

2.4.3.1.2. Galeries SEC

Les galeries sont des ouvrages à forte inertie thermique et aucune zone à faible inertie thermique n'est identifiée pour les galeries SEC.

Le scénario de Grands Froids de durée instantanée n'est donc pas retenu pour ces ouvrages. Seul le scénario de Grands Froids longue durée (-15°C en régime permanent) est considéré pour ces ouvrages.

Les équipements requis en Grands Froids et installés dans les galeries SEC sont protégés vis-à-vis des Grands Froids par l'ouvrage dont le conditionnement ne requiert aucun équipement spécifique.

En effet, les cibles à protéger abritées dans les galeries sont des tuyauteries et des câbles. Du fait de l'implantation souterraine des galeries, les requis de température et notamment le maintien hors gel des tuyauteries sont assurés en cas de Grands Froids sans avoir recours à un quelconque matériel de chauffage.

L'analyse de sûreté permet donc de confirmer que les galeries SEC sont conformes au référentiel Grands Froids.

2.4.3.1.3. Ouvrage de rejet

L'ouvrage de rejet est également un bâtiment à forte inertie thermique.

Les plenums d'admission et de rejet de la partie pré-rejet de l'ouvrage, ainsi que la zone de l'accès rejet comprise entre les plenums de rejet et la zone d'influence des aérothermes, constituent une zone à faible inertie thermique car située en amont des premiers équipements de chauffage (hors incendie ou fonctionnement des pompes ASG et JAC, l'admission d'air est réalisée par une subdivision du plénum de rejet). Toutefois, aucun équipement sensible n'est identifié dans ces zones.

Le scénario de Grands Froids de durée instantanée n'est donc pas considéré pour cet ouvrage.

Tous les locaux de l'ouvrage de rejet sont ventilés et conditionnés, [1].

Pour les locaux conditionnés, le dimensionnement du système de ventilation prend en compte des températures extérieures correspondant au scénario de Grands Froids longue durée (-15°C en régime permanent).

Les équipements requis en Grands Froids et installés dans l'ouvrage de rejet sont donc protégés vis-à-vis des Grands Froids par le bâtiment dont les équipements de conditionnement permettent d'assurer des températures minimales compatibles avec la disponibilité de ces équipements.

[1]. L'installation de ces pompes en-dessous du niveau [2] m limite la chute de température par les apports modérateurs du sol, quand les pompes sont à l'arrêt. De plus, l'air de renouvellement est réchauffé par les aérothermes classés présents dans l'escalier.

Par ailleurs, les circuits de refroidissement par soufflage [3] sont susceptibles d'acheminer de l'air à [4]°C [5]. Cependant, les ventilateurs destinés à ce refroidissement ne sont en fonctionnement qu'à partir d'une température de 35°C dans le local (indépendamment de l'état des pompes). En dessous de cette valeur, aucun soufflage d'air froid n'est donc réalisé.

L'analyse de sûreté permet donc de confirmer que l'ouvrage de rejet est conforme au référentiel Grands Froids.

2.4.3.2. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées pour l'agression Grands Froids sont listées dans la note [Réf \[7\]](#).

Il s'agit des dispositions suivantes :

- Les portes donnant sur l'extérieur.
- Les calfeutrements de traversées donnant sur l'extérieur.

Par ailleurs, l'exploitant dispose des informations sur les températures de l'air afin de les suivre et d'anticiper les évolutions.

En phase de vigilance « Grand froid », l'absence de givre sur les grilles des plenums de ventilation DVP de l'ouvrage de rejet partie pré-rejet est vérifiée afin de garantir la disponibilité des pompes JAC et ASG abritées dans cet ouvrage

2.5. PROTECTION CONTRE LA CANICULE

La démarche retenue pour la prise en compte de cette situation est une démarche de dimensionnement basée sur les températures de l'air et de l'eau définies par le sous-standard bord de mer froide (voir [§ 1.4.1.](#)).

Sauf justification particulière, les ouvrages de génie civil et les systèmes de ventilation ou de conditionnement sont dimensionnés en considérant les températures de l'air ambiant « caniculaire » (voir [§ 1.4.1.1.](#)).

La température maximale de la source froide sert au dimensionnement des circuits de refroidissement du réacteur (voir [§ 1.4.1.2.](#)).

2.5.1. Méthodologie de vérification du dimensionnement

2.5.1.1. Vérification du dimensionnement lié à la température de l'air ambiant en situation de canicule

2.5.1.1.1. Ouvrages de génie civil

La canicule est prise en compte au dimensionnement des ouvrages de génie civil classés.

La méthodologie appliquée pour justifier de la tenue structurelle des ouvrages concernés consiste à introduire les actions thermiques variables durables dans les combinaisons de cas de charge prescrits par l'ETC-C, en considérant un gradient thermique par rapport à la température de construction. Les combinaisons sont ensuite modélisées et les contraintes générées comparées aux limites mécaniques admissibles des matériaux (béton, acier...).

2.5.1.1.2. Systèmes de ventilation ou de conditionnement

La canicule est prise en compte dès la conception des systèmes de ventilation ou de conditionnement. Pour couvrir les situations incidentelles et accidentelles, certains systèmes sont classés au titre d'une fonction de conditionnement thermique. Les systèmes installés dans des bâtiments à forte inertie sont dimensionnés pour la température extérieure maximale journalière de l'air. Les systèmes installés dans des bâtiments à faible inertie sont dimensionnés pour la température maximale instantanée de l'air.

La méthodologie appliquée pour justifier de la suffisance du dimensionnement des systèmes de ventilation classés au titre d'une fonction de conditionnement thermique consiste à réaliser des études thermiques de vérification du dimensionnement en fonctionnement normal, incidentel et accidentel pour lesquelles la température extérieure est fixée conformément au sous-standard bord de mer froide. Ces études ont notamment pour but de vérifier le maintien des températures compatibles avec les requis de sûreté [1], et ce, dans l'ensemble des situations PCC et RRC dans lesquelles ces équipements sont requis (voir paragraphes 2 des sections 9.4.x du RDS dédiées aux systèmes de climatisation, de chauffage et de ventilation).

2.5.1.2. Vérification du dimensionnement lié à la température de la source froide en situation de canicule

La température maximale de la source froide en situation de canicule est prise en compte dans le dimensionnement des systèmes des chaînes de refroidissement classées.

Cette température est utilisée comme donnée d'entrée dans le scénario retenu pour le dimensionnement des échangeurs classés de sûreté.

2.5.2. Analyse de sûreté

2.5.2.1. Température de l'air ambiant en situation de canicule

2.5.2.1.1. Ouvrages de génie civil

La section 3.3.6 couvre la situation de canicule et détaille les températures associées à ladite situation.

En ce qui concerne les bâtiments classés des îlots nucléaire et conventionnel, l'importance des ouvrages de génie civil (épaisseur des structures notamment) justifie de considérer que lesdits ouvrages sont à forte inertie thermique. Ils sont donc dimensionnés en prenant en compte la température maximale journalière de l'air du sous-standard bord de mer froide, comme décrit dans le § 1.4.1.1..

Les calculs de structure sont ensuite effectués selon la méthodologie décrite dans le § 2.5.1.1.1..

2.5.2.1.2. Systèmes de ventilation et de conditionnement

Les sections 9.4.x portent la justification de la couverture de la situation de canicule par les systèmes de ventilation classés au titre d'une fonction de conditionnement thermique. Pour chaque système concerné, ces sections présentent successivement :

- les contributions du système aux fonctions de sûreté (voir paragraphe 0.1).
- la déclinaison des fonctions de sûreté en critères fonctionnels assurant des températures dans les locaux compatibles avec le fonctionnement des équipements classés en situation de fonctionnement normal, incidentel et accidentel (voir paragraphe 0.2).
- les hypothèses de dimensionnement associées aux critères fonctionnels (voir paragraphe 2.2). Ces hypothèses, enveloppes des situations pour lesquelles les systèmes supportés sont requis, intègrent les conditions de température extérieure couvrant la canicule.
- la démonstration de la suffisance des hypothèses de dimensionnement pour assurer les critères fonctionnels (voir paragraphe 4.2).
- la justification du respect des critères fonctionnels sur site par la vérification de paramètres physiques quantifiables lors des essais de démarrage (voir paragraphe 4.4.1), en exploitation (voir paragraphe 4.4.2) et lors des essais périodiques (voir paragraphe 4.4.3).

De plus, au titre de l'exploitation, des moyens de ventilation ou de conditionnement (non requis de sûreté au titre du conditionnement thermique) participent au maintien des conditions ambiantes de température dans les bâtiments.

2.5.2.1.2.1. Ilot nucléaire **Bâtiment Réacteur**

Le bâtiment Réacteur est un bâtiment à forte inertie. Il est conditionné par les systèmes EVR ou EBA selon l'état de la tranche. Tranche en puissance, son conditionnement est assuré par EVR, le système SAT injectant de l'air (extérieur au BR) pour les besoins du SEXTEN. Dans les situations d'arrêt, il est ventilé et conditionné par le système EBA.

Le refroidissement de l'air par EVR est assuré à l'aide d'échangeurs eau/air alimentés par RRI et DER pour le compartiment équipement, d'unités locales de refroidissement pour l'espace de service. Le refroidissement de l'air par EBA est assuré par les trains de soufflage du système DWN.

L'espace entre enceintes est une zone à forte inertie. Il ne présente pas d'admission d'air extérieur par un système de ventilation. Aucun équipement spécifique n'est requis pour assurer le refroidissement de l'espace entre enceintes compte tenu de sa forte inertie thermique et des apports thermiques dans cette zone.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système EVR participant au conditionnement thermique du bâtiment Réacteur est portée par la section 9.4.3.

Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont des bâtiments à forte inertie. Les locaux des divisions 1 et 4 sont conditionnés par les systèmes DVL, DWL et DVE. Les locaux des divisions 2 et 3 sont conditionnés par les systèmes DVL, DWL et DCL. Le refroidissement de l'air est assuré par des batteries froides à eau glacée alimentées par DEL sur les trains de soufflage du DVL et du DCL, et par des unités locales de refroidissement (alimentées en eau glacée par DEL ou DER) installées dans certains locaux pour les systèmes DVL, DWL et DVE.

Les chambres d'admission et de rejet d'air des groupes froids DEL sur les divisions 1 et 4 sont des zones à faible inertie. Par conception, les équipements contenus dans ces locaux ne sont pas sensibles à la température extérieure.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement des systèmes DVL, DWL, DCL participant au conditionnement thermique des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde est portée par les sections 9.4.7, 9.4.8 et 9.4.6.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système de production et distribution d'eau glacée de sûreté DEL, en tant que système support des systèmes de ventilation classés, est portée par la section 9.4.10.

Bâtiment combustible

Le bâtiment combustible est un bâtiment à forte inertie. Les locaux du bâtiment sont ventilés et conditionnés par le système DWK.

Le refroidissement de l'air par DWK est assuré par les trains de soufflage du système DWN et par des unités locales de refroidissement alimentées en eau glacée par DEL ou DER.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système DWK participant au conditionnement thermique du bâtiment combustible est portée par la section 9.4.2.

Bâtiments diesels

Les bâtiments diesels sont des bâtiments à faible inertie thermique. Tous les locaux de ces bâtiments sont ventilés et conditionnés par le système DVD à l'exception des deux derniers niveaux du bâtiment (□ m et □ m) contenant les aéroréfrigérants des diesels.

Par conception, les équipements contenus dans les deux niveaux haut des bâtiments ne sont pas sensibles à la température extérieure.

Le hall diesel est ventilé mais aucun équipement spécifique n'est requis pour assurer le refroidissement. Les autres locaux ventilés par le système DVD sont refroidis par une batterie froide à détente directe installée sur le réseau de ventilation.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système DVD participant au conditionnement thermique du bâtiment diesel est portée par la section 9.4.9.

Bâtiment des auxiliaires nucléaires

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires est un bâtiment à forte inertie. Tous les locaux de ce bâtiment sont ventilés et conditionnés par les systèmes DWN et DVE à l'exception de gaines techniques contenant des tuyauteries.

Le refroidissement de l'air est assuré à la fois par des batteries à eau glacée alimentées par DER sur les trains de soufflage du DWN et DVE, et par des unités locales de refroidissement installées dans certains locaux et alimentées en eau glacée par DER.

Bâtiment de traitement des effluents

Le bâtiment de traitement des effluents est un bâtiment à forte inertie. Tous les locaux de ce bâtiment sont ventilés et conditionnés par le système 8DWQ.

Le refroidissement de l'air est assuré à la fois par des batteries à eau glacée alimentées en eau glacée par 8DEQ sur les trains de soufflage du système 8DWQ et par des unités locales de refroidissement installées dans certains locaux et aussi alimentées en eau glacée par 8DEQ.

2.5.2.1.2.2. Ilot conventionnel**Station de Pompage**

La station de pompage est un ouvrage à forte inertie thermique. Les locaux de cet ouvrage sont ventilés et conditionnés par le système DVP, à l'exception des alvéoles CFI contenant les filtres à chaîne (HPA et HPD) et les tambours filtrants (HPB et HPC), des escaliers d'accès au fond des alvéoles CFI (HPB et HPC) ouverts sur le hall et sans équipement sensibles, et □ abritant les ventilateurs de mise en dépression des SFA.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système DVP participant au conditionnement thermique de la station de pompage est portée par la section 9.4.12.

Galleries SEC

Les galeries sont des ouvrages à forte inertie thermique. Les galeries sont en permanence balayées par les ventilations forcées du système DVP.

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système DVP participant au conditionnement thermique des galeries SEC est portée par la section 9.4.12.

Ouvrage de rejet

L'ouvrage de rejet est un ouvrage à forte inertie thermique. Les locaux de cet ouvrage sont ventilés et conditionnés par le système DVP, [□](#).

La démonstration de la suffisance du dimensionnement du système DVP participant au conditionnement thermique de l'ouvrage de rejet est portée par la section 9.4.12.

2.5.2.2. Température de la source froide en situation de canicule

Les systèmes qui doivent considérer la température maximale de la source froide sont les systèmes SEC et SRU. Ces systèmes assurent respectivement le refroidissement du système RRI et de la chaîne intermédiaire du système EVU.

La démonstration de la prise en compte de cette température en situation de canicule est portée par la section 9.2.1 pour le système SEC et par la section 9.2.6 pour le système SRU.

2.5.3. Adaptabilité de l'installation

La conception du réacteur EPR dans sa version standardisée dite « bord de mer froide » (voir [§ 1.4.1.](#)) présente des marges qui permettraient de s'accommoder d'une éventuelle réévaluation des températures extérieures maximales de l'eau et de l'air sur la durée de vie du réacteur.

En effet, le site de Flamanville présente des valeurs de températures eau et air inférieures à celles du sous-standard bord de mer froide, ce qui constitue autant de marges supplémentaires :

[□](#)

Par ailleurs, le choix de l'utilisation d'un scénario pessimiste d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre pour déterminer les températures caniculaires permet d'afficher une robustesse importante de Flamanville 3 vis-à-vis des effets du changement climatique sur les températures extrêmes.

LISTES DES RÉFÉRENCES

[1] NF EN 1991-1-3, Eurocode 1 : actions sur les structures, partie 1-3 : actions générales – charges de neige, avril 2004 et Annexe nationale NF EN 1991-1-3/NA, mai 2007.

[2] NF EN 1991-1-4, Eurocode 1 : actions sur les structures, partie 1-4 : actions générales – actions du vent, novembre 2005. NF EN 1991-1-4/NA, annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 : 2005, mars 2008.

[3] ECEIG111556 Ind. E : Analyse de sûreté des agressions Neige, Vent et Projectiles Générés par le Vent Extrême en vue de la rédaction du RDS EPR FA3

[4] ETD0IG110431 Ind. A : Note d'analyse des agressions Neige et Vent pour les bâtiments classés du CI-BOP de l'EPR FA3

[5] FA3–ELY-2017–FR-0001 A « Note de synthèse de l'analyse de sûreté de l'agression Grands Froids pour l'EPR FA3»

[6] ETD0IG110497 indice F : EPR FLAMANVILLE – Recensement et analyse des cibles potentielles exposées aux projectiles générés par le vent extrême et de responsabilité CNEPE

[7] D305117002784 F – Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

SOMMAIRE

.3.3.7 PROTECTION CONTRE LA Foudre ET LES INTERFÉRENCES

ÉLECTROMAGNETIQUES (IEM)	4
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	4
0.1. OBJECTIF DE SURETE	4
0.2. ATTENDU DE LA DEMONSTRATION DE SURETE	4
1. BASES DE CONCEPTION	4
1.1. CARACTÉRISATION DE L'AGRESSEUR	4
1.1.1. SÉVÉRITÉ DE FOUROIEMENT DES SITES NUCLÉAIRES	4
1.1.2. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE	4
1.1.3. CARACTÉRISTIQUES DU COURANT DE Foudre	4
1.2. CONSÉQUENCES D'UN FOUROIEMENT	5
1.2.1. LES EFFETS DIRECTS	5
1.2.2. LES EFFETS INDIRECTS	5
1.3. CUMULS PLAUSIBLES	5
1.4. CIBLES DE SURETE A PROTEGER	6
1.5. PRINCIPE DE PROTECTION	6
1.6. DISPOSITIONS DE CONCEPTION	6
1.6.1. PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre DES ÉQUIPEMENTS ET BÂTIMENTS PARTICIPANT AUX OBJECTIFS DE SÛRETÉ	6
1.6.2. PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS ET DE L'INSTALLATION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre	9
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	13
2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	13
2.1.1. NATURE DES CIBLES ET MODE DE DÉGRADATION	13
2.1.2. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	14
2.2. ANALYSE	15
2.2.1. ANALYSE DES EFFETS DIRECTS	15
2.2.2. ANALYSE DES EFFETS INDIRECTS	17
2.2.3. ANALYSE DES CUMULS	17
2.2.4. DISPOSITIONS VALORISÉES	18



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.7

PAGE 2/21

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES. 19



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.7

PAGE 3/21

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

**TAB-3.3.7.1 CARACTÉRISTIQUES DU COURANT DE Foudre PRIS EN
COMPTE POUR UNE PROTECTION DE NIVEAU I 20**

FIGURES :

**FIG-3.3.7.1 CONSÉQUENCES DU Foudroiement D'UNE
STRUCTURE..... 21**

.3.3.7 PROTECTION CONTRE LA Foudre ET LES INTERFÉRENCES ÉLECTROMAGNETIQUES (IEM)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIF DE SURETE

L'objectif de sûreté de haut niveau vis-à-vis de la foudre de référence est de garantir l'absence de fusion du combustible dans le coeur et en piscine BK et de limiter les rejets radiologiques.

Enfin, les directives techniques stipulent que les équipements dont le fonctionnement est nécessaire durant les agressions externes doivent être qualifiés pour la plage de paramètres supposée survenir au cours de tels événements.

0.2. ATTENDU DE LA DEMONSTRATION DE SURETE

La démonstration de sûreté s'appuie sur la maîtrise des fonctions fondamentales de sûreté suivantes :

- maîtrise de la réactivité ;
- évacuation de la puissance résiduelle ;
- confinement des substances radioactives.

L'installation doit être conçue de façon à garantir, dans la situation de l'agression foudre de référence :

- le repli et le maintien en état sûr ;
- la prévention et la limitation des conséquences radiologiques d'éventuels scénarios de type accidentels induits.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. CARACTÉRISATION DE L'AGRESSEUR

1.1.1. Sévérité de foudroiement des sites nucléaires

La sévérité de foudroiement est la densité de coups de foudre au sol exprimée en nombre de coups/km²/an.

Dans le cas d'une construction neuve en France, la valeur retenue pour la densité de foudroiement est de 3 coups/km²/an.

1.1.2. Fréquence d'occurrence

La foudre est un phénomène climatique, dont la fréquence d'occurrence, importante par rapport à celle des agressions externes, est de l'ordre de grandeur des conditions de fonctionnement de catégorie 2 (PCC 2).

1.1.3. Caractéristiques du courant de foudre

Les caractéristiques retenues sont celles relatives au niveau I de protection, niveau défini par la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#) (cf. [TAB-3.3.7.1](#)).

La plage de fréquence de l'agresseur foudre est comprise entre 0 et 1 MHz.

1.2. CONSÉQUENCES D'UN FOUDROIEMENT

Les principales conséquences du foudroiement d'une structure sont présentées en figure [FIG-3.3.7.1](#).

Les effets directs et les effets indirects contribuent à des conséquences qui peuvent être :

- des dysfonctionnements dans les systèmes électriques et électroniques ;
- des destructions de matériels électriques, électroniques, mécaniques ou endommagement de structures non-conductrices ;
- des risques d'électrisation voire d'électrocution ;
- l'initiation d'un incendie voire d'une explosion.

Les événements redoutés peuvent être les suivants :

- arrêt Automatique du Réacteur ;
- mise en service intempestive de systèmes de sûreté ;
- indisponibilité de systèmes de sûreté ;
- perte du système de protection contre les incendies.

Afin de satisfaire aux exigences de sûreté, les centrales nucléaires doivent être protégées des agressions directes et indirectes de la foudre.

1.2.1. Les effets directs

Les effets directs de la foudre sont de type thermique, mécanique ou électrique (tension de pas et tension de toucher). Les grandeurs de dimensionnement sont les grandeurs énergétiques.

1.2.2. Les effets indirects

Les effets indirects sont liés :

- au rayonnement électromagnétique direct de l'éclair sur les équipements ;
- aux surtensions générées par conduction ou par induction sur les câbles et lignes qui peuvent venir perturber le fonctionnement des équipements.

La source de champ électromagnétique est le courant de l'arc en retour de la décharge de foudre et notamment la raideur du front d'onde.

1.3. CUMULS PLAUSIBLES

L'installation est considérée comme étant dans un état initial non dégradé. Il n'est pas postulé la concomitance de la foudre avec une condition incidentelle ou accidentelle indépendante, avec une agression interne indépendante, ou avec une autre agression externe indépendante.

Les agressions potentiellement induites par la foudre, seraient l'incendie et l'explosion interne (pour ce dernier cumul, voir section 3.4.6). En effet, ceux-ci seraient une conséquence potentielle en cas d'atteinte par la foudre d'un matériel ou d'une zone très inflammable ou explosive non protégé.

Par ailleurs, un lien de dépendance est envisagé avec les Pluies brèves de Forte Intensité (cellule orageuse de faible durée). Par conséquent, la combinaison avec l'inondation externe (Pluies brèves de Forte Intensité) sera prise en considération.

1.4. CIBLES DE SURETE A PROTEGER

Ainsi, le périmètre de protection est le suivant :

- les équipements nécessaires au repli et au maintien en état sûr doivent être protégés contre les effets de la foudre ;
- les équipements nécessaires à la prévention et à la limitation des conséquences radiologiques doivent être protégés contre les effets de la foudre ;
- l'ensemble de la protection incendie classée F2 doit être protégé contre les effets de la foudre ;
- la prise en compte du risque foudre ne doit pas remettre en cause la démonstration de sûreté développée pour le risque explosion interne ;
- la foudre doit être sans impact sur la capacité du réseau d'évacuation des eaux pluviales à faire face aux Pluies brèves de Forte Intensité.

Par découplage, les objectifs suivants sont définis pour la phase de conception :

- les équipements classés F1 ou F2 doivent être protégés contre la foudre ;
- les ouvrages de génie civil classés C1 doivent conserver leur fonction de confinement ;
- les dispositifs de protection contre la foudre, dont la durée de vie est limitée par rapport à la durée de vie de la tranche et/ou dépendante des sollicitations liées à la foudre (ex : les parafoudres), doivent être classés F2.

1.5. PRINCIPE DE PROTECTION

Les règles de l'art en matière de protection contre la foudre sont les suivantes :

- canaliser le courant de foudre et l'évacuer vers la terre par le circuit le plus direct ;
- equipotentialiser l'installation ;
- limiter et écouler si nécessaire l'onde de surtension résiduelle.

Pour atteindre ces objectifs, la protection des équipements sera assurée par :

- la structure des bâtiments dans lesquels ils sont contenus et le réseau de terre auxquels sont raccordés les bâtiments et le réseau de masse ;
- la qualité du réseau de masse local et des différentes modalités d'atténuation des perturbations conduites et rayonnées au niveau des locaux ;
- les immunités électromagnétiques aux ondes de choc et agressions électromagnétiques requises des équipements sensibles.

1.6. DISPOSITIONS DE CONCEPTION

1.6.1. Protection contre les effets directs de la foudre des équipements et bâtiments participant aux objectifs de sûreté

Une bonne protection contre les effets directs de la foudre passe par la maîtrise de la captation et de l'évacuation du courant de foudre. Ce dispositif de protection se décompose en trois grandes parties :

- la structure de collecte appelée « dispositif de capture » ;
- les conducteurs de descente destinés à écouler le courant de foudre jusqu'au sol ;
- le réseau de terre destiné à dissiper le courant de foudre dans le sol.

1.6.1.1. Dispositif de capture

Le mode de protection retenu, pour les bâtiments et les matériels, est la protection par cage maillée (cage de FARADAY). L'usage des paratonnerres à tige simple est réservé aux bâtiments ne comportant pas de structure métallique.

Le maillage sera assuré par les structures conductrices du génie civil des divers bâtiments de l'installation afin de constituer des cages maillées :

- pour les bâtiments en béton armé : utilisation des nappes extérieures d'armatures principales avec prise en compte des règles de continuité électrique des armatures entre elles et avec le réseau de terre ;
- pour les bâtiments en charpentes métalliques : utilisation de l'ensemble de cette structure avec prise en compte des règles de continuité électrique des treillis entre eux et avec le réseau de terre.

1.6.1.1.1. Niveau de protection des équipements et bâtiments répondants aux objectifs de sûreté

Les équipements classés F1 ou F2 doivent disposer d'une protection de niveau I (niveau de protection le plus exigeant au sens de la norme NF EN 62305-1) [Réf \[2\]](#).

Les ouvrages de génie civil classés C1 et protégés par cage de Faraday (structures en béton armé ou charpentes métalliques) doivent disposer a minima d'une protection de niveau II.

Si des bâtiments classés C1 sont réalisés en charpente métallique, leur conception doit satisfaire aux exigences du §5.2.5 de la norme NF EN 62305-3 [Réf \[3\]](#) et l'épaisseur des tôles métalliques ne doit pas être inférieure à la valeur t du tableau 3 de cette même norme.

Les ouvrages de génie civil classés C1 et protégés par tige simple (bâtiments sans structures métalliques) doivent disposer d'une protection de niveau I.

1.6.1.1.1.1. Protection par cage maillée

La conception des bâtiments, pour respecter les niveaux de protection requis, doit satisfaire les exigences suivantes :

Niveau de protection	Maillage du génie civil (m)
I	5 x 5
II	10 x 10

Le maillage sera porté par les structures conductrices du génie civil (structures en béton armé ou charpentes métalliques) utilisées comme composants naturels au sens de la norme NF EN 62305-3 [Réf \[3\]](#).

De plus, pour que les structures en béton armé puissent être considérées comme une structure assurant une continuité électrique, elles doivent répondre aux dispositions constructives suivantes :

- la majorité des interconnexions de barres verticales et horizontales est soudée ou liée de manière sûre ;
- les barres verticales sont soudées, pressées ou superposées avec un chevauchement minimal de 20 fois leur diamètre ou liées de manière sûre ;
- la valeur de la résistance électrique totale, entre la partie haute et la terre, des armatures du béton (y compris les structures en béton armé préfabriqué) ne doit pas excéder 0,2 Ω en DC.

Si des bâtiments présentent des façades métalliques, celles-ci doivent être installées en garantissant la continuité électrique de l'ensemble et seront raccordées au reste du génie civil en respectant le pas requis par le niveau de protection du bâtiment.

L'ensemble des structures du génie civil doit être interconnecté (interconnexion du génie civil des bâtiments avec celui des caniveaux, des galeries...). Toutes les discontinuités du génie civil tels que les joints de dilatation doivent être supprimées d'un point de vue électrique (shuntage à l'aide de liaisons équipotentielles a minima tous les 2 m).

Les éléments susceptibles de contribuer à l'équipotentialité et au renforcement de la cage maillée doivent faire l'objet d'un raccordement au réseau de terre et de masse.

1.6.1.1.2. Autres protections

Les équipements classés F1 et F2 installés à l'extérieur et non couverts par la protection des bâtiments doivent être protégés par des protections individuelles (fil tendu, paratonnerre à tige simple...).

Niveau de protection	Rayon sphère fictive R (m)
I	20
II	30

1.6.1.2. Les conducteurs de descente

L'écoulement du courant de foudre à la terre doit être réalisé par des liaisons dites à basse impédance, maillées entre elles et maillées avec le réseau des masses internes au bâtiment. Les descentes, assurant l'écoulement du courant de foudre, doivent être espacées, au plus, d'une distance de 10 m.

Le génie civil des bâtiments assurant la protection des équipements importants pour la sûreté, est raccordé au réseau de terre en autant de points que de conducteurs de descentes. Tout bâtiment doit être relié au réseau enterré par au moins deux liaisons.

Nota : Afin d'assurer une bonne connexion entre le génie civil et les remontées du réseau de terre de fond de fouille, la cage maillée du génie civil doit être reliée par des conducteurs d'équipotentialité au réseau de terre du bâtiment. Les liaisons équipotentielles doivent rester visibles après la construction du bâtiment.

1.6.1.3. Le réseau de terre

1.6.1.3.1. Objectifs du réseau de terre

Vis-à-vis du courant de foudre, le réseau de terre a pour objectif :

- d'éloigner la perturbation (courant de foudre) des équipements sensibles en favorisant l'écoulement du courant dans le sol ;
- de maîtriser le gradient de potentiel en assurant l'équipotentialité du site.

1.6.1.3.2. Constitution du réseau de terre

Afin de réaliser une bonne équipotentialité, le réseau de terre est maillé, unique et interconnecté. Toute maille est reliée au reste du réseau par au moins deux liaisons. Le réseau est enterré au-delà de la zone d'influence du gel à une profondeur supérieure à 1 m. Les conducteurs peuvent être enterrés sous le radier à condition que ceux-ci ne soient pas noyés dans le béton (conducteur nu en contact direct avec le sol). Le tracé du réseau est défini sous l'emprise des bâtiments et hors emprise des bâtiments. Il se présente sous la forme d'un maillage rectangulaire dont le rapport longueur sur largeur

est compris entre 1 et 3 et la plus grande dimension étant de l'ordre de 15 m. Les différentes branches du réseau enterré se raccordent entre elles en des points appelés nœuds du réseau. Les nœuds du réseau sont réalisés de manière durable par un procédé sûr garantissant la pérennité de la connexion dans le temps.

Les contraintes mécaniques induites par le passage des ouvrages tels que route, voie ferrée sont à prendre en compte pour la conception du réseau enterré.

Les voies de corrosion possibles des réseaux sont analysées et des modalités palliatives proposées pour assurer les fonctions du réseau de terre sans remplacement pour la durée de vie de l'installation (durée d'exploitation + durée du démantèlement). Pour cela, la nature du matériau constitutif du réseau enterré à utiliser et les risques de corrosion électrolytique en présence des matériaux du terrain sont à analyser (le potentiel électrolytique doit être inférieur à 300mV à 20°C). Un retour d'expérience du bon comportement du matériau vis-à-vis du type de sol et des conditions chimiques présentes est apporté par le Constructeur.

=> Le tracé du réseau de terre est validé par une étude de comportement basse et haute fréquence.

1.6.1.3.3. Etude géologique du terrain

Une étude de la nature et de la structure géologique du terrain par l'estimation de la variation de sa résistivité selon la profondeur doit être réalisée. Pour les extensions de site, les études de sol initiales sont utilisées. Les caractéristiques du terrain ainsi que leurs variations annuelles et la nature des couches géologiques sont à établir, entre autres l'épaisseur, la granulométrie, la résistivité et l'humidité. La nature chimique du sol est à déterminer, en particulier son agressivité au travers du pH. La profondeur d'investigation recherchée correspond à la profondeur d'enfouissement du réseau. Elle est comprise entre 0 m et 1 m par rapport au niveau zéro du site. La méthode de détermination des caractéristiques du sol est autant que possible celle d'une mesure de la résistivité selon la méthode des quatre électrodes dite de Wenner.

1.6.2. Protection des équipements et de l'installation contre les effets indirects de la foudre

Les effets indirects de la foudre se traduisent par la création de surtensions, par conduction ou par rayonnement, susceptibles de perturber le fonctionnement des équipements sensibles. Par conséquent, les équipements sensibles doivent être protégés contre les perturbations rayonnées et conduites.

La protection des installations contre les effets indirects de la foudre est assurée conformément aux règles de l'art de la protection des installations et équipements sensibles contre les effets indirects des perturbations électromagnétiques hautes fréquences déclinées dans la CEI 61000-5-2 [Réf \[6\]](#)

1.6.2.1. Protection contre les perturbations rayonnées

Le principe de protection est basé sur l'atténuation des champs électromagnétiques rayonnés par :

- la subdivision et répartition de l'écoulement du courant de foudre (utilisation des descentes de paratonnerre, de la cage maillée des bâtiments...);
- la prise en compte des obstacles (mur, ferrailage,...);
- la mise en place de blindage (réduction de l'influence du champ électrique basse fréquence);
- la réduction des boucles de masse (réduction de l'influence du champ magnétique basse fréquence).

La protection contre les perturbations rayonnées repose donc sur la distribution de l'écoulement du courant de foudre, le blindage des installations et les modalités de câblage.

La protection est assurée par :

1.6.2.1.1. Les dispositifs de capture et d'écoulement du courant de foudre vers le réseau de terre

Une première atténuation des perturbations rayonnées est obtenue par la subdivision du courant de foudre en utilisant les différents trajets proposés par la structure (protection par composant naturel) ou par l'existence de plusieurs descentes de terre (protection extérieure).

1.6.2.1.2. Les blindages naturels formés par la structure des bâtiments

La présence d'obstacles tels que les murs, portes, grillages constitue des blindages naturels à la propagation des champs électromagnétiques générés par la foudre.

Par ailleurs, dans le cas de locaux abritant des équipements F1 et F2 sensibles aux rayonnements électromagnétiques, le maillage des structures du génie civil est renforcé.

Nota : Le maillage vertical des locaux sensibles peut être amélioré par interconnexion, chaque fois que possible, des structures de génie civil, des éléments métalliques conducteurs et continus (chemins de câbles, tuyauteries).

1.6.2.1.3. Le réseau de masse et le câblage

La protection des équipements F1 et F2 sensibles aux rayonnements électromagnétiques de la foudre est renforcée au sein des différents locaux par :

- L'accroissement de l'équipotentialité des locaux abritant ces équipements sensibles :
 - connexion des rails de fixation des matériels électriques et électroniques au maillage des planchers par des liaisons garantissant leur pérennité et un contact électrique fiable et durable ;
 - maillage des vérins ou chandelles des faux planchers et leur connexion au plus proche du conducteur principal de protection ou de la ceinture d'équipotentialité. La connexion passe parallèlement à l'axe de la travée afin d'éviter les mises à la masse longue et/ou en étoile ;
 - ceinturage d'équipotentialité (ce ceinturage est connecté au plan masse par au moins 4 liaisons) ;
 - raccordement au ceinturage d'équipotentialité des équipements métalliques (tuyauteries, gaines), armures des câbles et écrans pénétrant dans le local. Ce raccordement (via des liaisons équipotentielle) permet de réaliser une équipotentialité locale.
- Le blindage des enveloppes métalliques en :
 - mettant à la masse et en supprimant les discontinuités via l'usage de liaisons équipotentielles ;
 - fixant le potentiel des masses des enveloppes d'une travée en connectant les enveloppes à la masse locale, au moins tous les deux mètres, par au moins deux liaisons équipotentielles ;
 - interconnectant les enveloppes, baies et châssis par au moins une liaison équipotentielle ;
 - connectant les écrans électromagnétiques des câbles à l'enveloppe métallique sur 360°, lors de la traversée des parois.
- Le blindage des câbles sensibles, les câbles de mesure, de contrôle ou véhiculant des signaux numériques, s'ils ne sont pas constitués de fibres optiques, doivent être torsadés par paires et comporter un écran. Tout câble blindé est insensible aux perturbations rayonnées (l'impédance de transfert ne doit pas excéder 10mΩ/m sur la bande 0 – 1MHz).
- La transmission des signaux sensibles en mode différentiel.
- L'utilisation de liaisons équipotentielles pour connecter, au point de raccordement des câbles (bornier, rack) à l'intérieur des armoires, les écrans des câbles à la barrette de masse.
- La mise à la masse des armures, écrans et blindages des conducteurs aux deux extrémités, par des liaisons équipotentielles.

- La continuité des différents blindages au niveau de la connectique des câbles.
- La réduction des boucles de masse par l'usage de conducteurs d'accompagnement.
- La réduction des boucles de masse par le cheminement des conducteurs de protection, au plus près des conducteurs de signaux.
- Le cheminement des conducteurs à proximité d'un plan masse ou avec un effet réducteur (installation systématique des câbles sur des chemins de câbles métalliques, régulièrement raccordés au réseau de masse et utilisation systématique de tablette à câbles pour les câbles sensibles).
- La continuité électrique des chemins de câble.
- Une équipotentialité locale des masses des équipements interconnectés.
- L'usage d'un régime de neutre de type TN-S sur le réseau alternatif basse tension.

1.6.2.2. Protection contre les perturbations conduites ou induites

La protection contre les perturbations conduites ou induites repose sur :

- La non-pénétration des perturbations dans les bâtiments ;
- Le réseau de masse ;
- Les règles de câblage ;
- Le découplage, le filtrage ;
- Les systèmes de protection non linéaires type parafoudre.

La protection est assurée par :

1.6.2.2.1. La réduction de la perturbation entrant dans le bâtiment

- Les éléments entrants ou dispositifs conducteurs¹ susceptibles de transmettre une perturbation au sein de l'installation sont :
 - mis à la terre à l'entrée des locaux par des liaisons équipotentielles. Lors de liaisons entre bâtiments adjacents, il n'est pas nécessaire de raccorder l'écran des câbles blindés à la terre ;
 - équipés, si nécessaire, de parafoudres (la mise en œuvre de ces dispositifs est conforme aux prescriptions de la norme NF EN 62305-4 [Réf \[4\]](#) et de l'UTE C15 – 443 [Réf \[5\]](#)).

1.6.2.2.2. Le réseau de masse et le câblage

- Une bonne équipotentialité permet de réduire les différences de potentiel dangereuses pour les équipements et de limiter les courants induits perturbateurs. Elle est obtenue par :
 - un réseau de masse maillé, unique et interconnecté avec le réseau de terre ;
 - la réalisation d'une ceinture d'équipotentialité ;
 - une équipotentialité locale des masses des équipements interconnectés ;
 - l'usage de conducteurs d'accompagnement ;
 - la mise à la masse des armures, écrans et blindages des conducteurs aux deux extrémités, par des liaisons équipotentielles ;
 - la continuité électrique des chemins de câble ;

1. Les éléments conducteurs sont les tuyauteries de fluides, gaines de ventilation, armatures des câbles d'énergie, fourreaux en acier, blindages des conducteurs de télécommunications, de contrôle, de mesures, ...).

- La séparation physique des câbles sensibles et des câbles perturbateurs pour éviter les perturbations par couplage inductif.
- La séparation galvanique entre les différentes sources d'énergie et entre les circuits classés et non classés.
- Les liaisons contrôle et mesure entre des équipements raccordés à deux réseaux locaux de masse différents ou distants, sont réalisées en fibre optique ou cheminent avec un câble de masse métallique de section minimale 35 mm². Les armures des fibres optiques ou le jonc de tirage métallique sont mis à la masse aux deux extrémités. Si la fibre optique est sans masse métallique, il n'y a pas lieu d'appliquer cette prescription.

1.6.2.2.3. L'utilisation d'éléments non-linéaires tels que les parafoudres

La mise en œuvre de protections contre les surtensions, installées en cascade, est réalisée. Cette mise en œuvre doit être conforme aux prescriptions de la norme NF EN 62305-4 [Réf \[4\]](#) et de l'UTE C15 – 443 [Réf \[5\]](#) et doit assurer un niveau de protection cohérent avec le niveau d'immunité des matériels.

1.6.2.3. Référence de potentiel

Le bon fonctionnement et la sûreté de fonctionnement des équipements de contrôle-commande sont associés à une référence de potentiel stable.

Les masses fonctionnelles, références de potentiel des signaux électroniques, « 0V » ou masses électroniques sont réunies sous le terme « référence de potentiel des électroniques ». La référence de potentiel des électroniques est fixée et référencée à la masse. La référence de potentiel n'est pas isolée, elle est connectée aux masses mécaniques du châssis par une liaison équipotentielle.

1.6.2.4. Continuité électrique des connexions

La boulonnerie est dimensionnée pour pouvoir appliquer une pression de serrage suffisante à l'interface afin de réaliser une soudure « à froid » des matériaux et réduire la résistance de contact.

La pression nécessaire des liaisons vissées est définie supérieure ou égale à 100 daN/cm². Les contraintes appliquées dans le matériau doivent rester dans le domaine élastique.

La boulonnerie de fixation prend en compte les risques d'oxydation et la possibilité de création de couples électrochimiques pouvant conduire à une corrosion entre la boulonnerie et les autres matériaux métalliques constituant, les collecteurs, les chemins de câbles, les enveloppes ou autres masses. L'interface de connexion bi-métallique est traitée de manière à réduire la corrosion dans le temps.

Afin de limiter la formation de couples électrolytiques, les alliages en contact direct doivent présenter une différence de potentiel électrolytique inférieure à 300 mV à 20°C.

Les surfaces, décapées pour assurer un bon contact électrique, doivent être traitées ou une protection doit être mise en place (peinture, vernis, graisse) afin d'éviter une corrosion avec perte de masse.

1.6.2.5. Qualification et immunité des équipements sensibles

Au-delà de l'ensemble des protections mises en œuvre en amont, pour limiter tous risques de propagation de perturbations par conduction et par rayonnement, les équipements F1 et F2, sensibles aux effets indirects de la foudre, disposent d'un niveau d'immunité conforme au chapitre D5000 du RCC-E.

1.6.2.6. Redondance des équipements électriques

La foudre n'entraîne pas d'exigence supplémentaire, en matière de redondance des équipements électriques, à celles émises par :

- les exigences de disponibilité de l'alimentation électrique ;

- les exigences de disponibilité du contrôle-commande ;
- les exigences issues de l'agression interne relative à l'incendie.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

2.1.1. Nature des cibles et mode de dégradation

Les effets directs et les effets indirects de la foudre contribuent à des conséquences qui peuvent être :

- des dysfonctionnements dans les systèmes électriques et électroniques ;
- des destructions de matériels électriques, électroniques, mécaniques ou endommagement de structures non-conductrices ;
- des risques d'électrisation voire d'électrocution ;
- l'initiation d'un incendie voire d'une explosion.

Les événements redoutés peuvent être les suivants :

- arrêt Automatique du Réacteur ;
- mise en service intempestive de systèmes de sûreté ;
- indisponibilité de systèmes de sûreté ;
- perte du système de protection contre les incendies.

2.1.1.1. Effets directs

Les effets directs d'un impact de coup de foudre tels que mentionnés au [§ 1.2.1.](#) peuvent dégrader les bâtiments ainsi que les équipements classés F1 ou F2 considérés comme cibles au [§ 1.4.](#)

Par conception, les bâtiments assurent la protection de niveau I au sens de la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#) des équipements classés situés à l'intérieur de ceux-ci vis-à-vis des effets directs (voir [§ 2.2.1.2.](#)).

2.1.1.2. Effets indirects

2.1.1.2.1. Rayonnements électromagnétiques

Les équipements à considérer comme cibles vis-à-vis des rayonnements électromagnétiques induits par la foudre sont les matériels classés F1 ou F2 sensibles à ce rayonnement.

Les matériels sensibles sont les matériels électriques BT (<1kV) avec électronique qui comprennent :

- Capteurs à principe de fonctionnement magnétique.
- Electroaimants.
- Petite motorisation.
- Relais à bobine magnétique.
- Transformateurs de mesure.

2.1.1.2.1.1. Surtensions – Perturbations conduites et induites

Les cibles considérées sont les équipements classés F1 ou F2, lesquels peuvent être impactés via les surtensions propagées par les câbles entrant dans les bâtiments.

- Les transformateurs.
- Les tableaux électriques (690 V ; 400 V, 380 V, 220 V et niveaux de tension inférieurs).

- Les onduleurs.
- Les redresseurs.
- Les capteurs.
- Les armoires de contrôle-commande centralisé (protection et contrôle réacteur, réglage réacteur, réglage et sécurité turbina, réglage et sécurité alternateur, protection et contrôle diesels) et décentralisé (détection incendie, ensembles de manutention et de levage).
- Les matériels de protection de site.
- Les matériels installés en salle de commande.
- Les matériels électriques contenant des Composant Electroniques Programmable.

2.1.2. Modélisation du phénomène

2.1.2.1. Effets directs

Afin de déterminer si un équipement classé situé à l'extérieur est impacté ou non par la foudre, on applique la méthode de la sphère fictive, préconisée par la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#), qui définit les frontières géométriques des zones protégées contre les coups de foudre directs. Le point d'impact de la foudre est déterminé par l'objet au sol le plus proche de la distance d'amorçage « r » du traceur. Tout se passe comme si le traceur était entouré d'une sphère fictive de rayon « r » se déplaçant avec lui. Le rayon de cette sphère dépend de l'intensité du coup de foudre considéré et est donné par la formule extraite de la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#) :

$$r = 10 \times I^{0,65}$$

Avec :

- r : le rayon de la sphère fictive (distance d'amorçage) (m),
- I : le maximum d'intensité du coup de foudre (kA).

Pour une intensité de 3kA (limite basse du courant de foudre à considérer au sens de la norme [Réf \[2\]](#), [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#)), le rayon de la sphère fictive associée est de 20m.

Avec l'aide de la maquette, on fait alors « rouler » cette sphère dans toutes les directions, sans jamais perdre contact avec le sol ou les objets proéminents environnants tels que les bâtiments : seuls les objets que cette sphère fictive peut atteindre sont susceptibles d'être foudroyés par le courant de foudre considéré.

Pour s'assurer que tous les équipements sont protégés, la sphère doit atteindre les structures valorisées comme système de protection foudre avant de toucher les équipements.

2.1.2.2. Effets indirects

2.1.2.2.1. Evaluation des niveaux de rayonnement résiduel

On procède par étape afin d'évaluer les niveaux de perturbations rayonnées auxquels peuvent être soumis les matériels sensibles :

- Identification les matériels sensibles classés de sûreté F1 et F2 localisés à l'extérieur des bâtiments qui ne bénéficient pas d'une protection contre la foudre assurée par la structure du bâtiment en béton armé (cage maillée).
- Détermination des points d'impact de la foudre sur les bâtiments :
On détermine les points d'impact de la foudre sur l'installation. On applique pour cela la méthode de la sphère fictive en prenant un rayon de 60m, qui correspond à un courant de foudre de 15kA (voir [§ 2.1.2.1.](#)).

Nota : *Au-delà de 60m, la méthode perd de sa pertinence. Pour les coups de foudre d'intensité comprise entre 15kA et 200kA, les zones d'impact sont donc statistiquement moins étendues. Pour les coups de foudre d'intensité inférieure à 15kA, les zones sont plus étendues, mais les rayonnements induits dans les bâtiments peuvent être considérés comme résiduels.*

- Cartographie des champs dans les bâtiments :

A partir de ces zones d'impact, la protection que procurent les bâtiments concernés ainsi que l'intensité maximum du courant de foudre considéré (200kA), on élabore une cartographie simplifiée des champs rayonnés dans les bâtiments par niveau. On définit ainsi des zones d'exposition associées à la valeur maximale du champ magnétique impulsionnel.

Valeur maximale du champ magnétique impulsionnel (A/m)	< 20	<100	<300	<600	<1000	>1000
Niveau associé	I	II	III	IV	IV+	>IV+

On considère que le champ magnétique induit par un coup de foudre est résiduel dans les niveaux situés en sous-sol du fait de l'évacuation des courants de foudre sur le réseau sub-surface et in fine dans le sol.

- Analyse des niveaux de champs maximums auxquels sont soumis les équipements classés sensibles :
On détermine à partir de cette cartographie à quel niveau de champ sont soumis les équipements classés F1 ou F2 sensibles. En particulier, on identifie ceux qui seraient localisés dans des zones de champs IV, IV+ et >IV+ qui devraient alors faire l'objet de vérifications complémentaires.

2.1.2.2.2. Evaluation des perturbations conduites et induites

- Cas de câbles Basse Tension (BT) et Contrôle/Mesure (C/M) pénétrant dans la ZPF1 depuis l'extérieur :

□

□

- Cas des câbles de puissance inter-bâtiment :

□

□

2.2. ANALYSE

La note [Réf \[9\]](#) pour l'Îlot Nucléaire, et la note [Réf \[11\]](#) pour l'Îlot Conventionnel, présentent la synthèse des études vis-à-vis de l'agression foudre.

2.2.1. Analyse des effets directs

2.2.1.1. Intégrité des structures de confinement

La liste des bâtiments C1 est précisée dans le tableau 3.2.2 TAB 5. L'ensemble des bâtiments C1 présente une structure en béton armé et est conçu avec un niveau de protection I au sens de la norme de protection contre la foudre NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#) (cf. paragraphe 1.4.1.1.1).

L'intégrité du confinement des bâtiments classés C1 est assurée dès le niveau de protection II, dont les mesures de protections sont moins exigeantes que le niveau de protection I (cf. [Réf \[13\]](#)). Par conséquent, l'intégrité des structures de confinement des bâtiments classés C1 sur EPR est assurée vis-à-vis de l'agression foudre.

2.2.1.2. Vérification de la non dégradation des équipements classés de sûreté

La structure des bâtiments en béton armé fait partie du système de protection contre la foudre (SPF) et constitue entre autre les dispositifs de captures, de descentes et les prises de terre « naturels » (protection dite par cage maillée), de niveau I au sens de la norme de protection contre la foudre NF EN 62305-3 [Réf \[3\]](#). L'essentiel des équipements classés de sûreté F1 ou F2 est installé à l'intérieur de bâtiments présentant une structure en béton armé, et bénéficie donc d'une protection contre la foudre de niveau I.

Un niveau de protection I garantit l'immunité des matériels classés de sûreté F1 ou F2 aux effets directs de la foudre (cf. [Réf \[13\]](#)).

2.2.1.2.1. Cas de l'îlot nucléaire

Les équipements classés de sûreté F1 ou F2 qui ne bénéficient pas d'une protection contre la foudre par la structure du bâtiment sont identifiés (cf. [Réf \[9\]](#)). Ces équipements sont les silencieux et refoulements des différents diesels, situés en toiture des bâtiments diesels 1 à 4, et les silencieux des vannes de décharge à l'atmosphère, situés en toiture des bâtiments électriques 1 et 4.

Au regard de la norme NF EN 62305-3 [Réf \[3\]](#) :

- les silencieux et refoulements des diesels sont des matériels passifs qui bénéficient d'une immunité naturelle aux effets directs de la foudre de par leurs caractéristiques mécaniques ;
- les silencieux des vannes de décharge à l'atmosphère sont dominés par l'enceinte externe du bâtiment réacteur qui leur procure une protection de niveau I au sens de la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#).

Ainsi, l'ensemble des équipements classés de sûreté F1 ou F2 de l'Îlot Nucléaire bénéficie d'une protection satisfaisante contre les effets directs de la foudre.

2.2.1.2.2. Cas de l'îlot conventionnel

Une partie des équipements classés F1 ou F2 situés à l'extérieur d'une cage maillée bénéficie d'une protection de niveau I contre les effets directs de la foudre au sens de la norme NF EN 62305-1 [Réf \[2\]](#) grâce à leur localisation à proximité de bâtiments C1. Il s'agit :

- des grilles de prise d'air des trains 1 et 4 de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet, et les cordons anti-givre de l'ouvrage de rejet associés ;
- des grilles de rejet d'air de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet ;
- des aérocondenseurs des trains 1 et 4 de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet ;
- de la vanne pelle SRU de l'ouvrage de rejet.

Les équipements classés de sûreté F1 ou F2 situés en extérieur qui ne bénéficient pas, par la proximité de bâtiments, d'une protection contre les effets directs de la foudre de niveau I au sens de la norme NFEN 62305-1 [Réf \[2\]](#) sont identifiés dans [Réf \[11\]](#). Il s'agit des aérocondenseurs du système DVP situés en toiture des trains 2 et 3 de la station de pompage et des prises d'air neuf des trains 2 et 3 de la station de pompage.

Des dispositifs de protection contre les effets directs de la foudre (paratonnerres) sont installés pour protéger les aérocondenseurs situés en toiture de la station de pompage. Les grilles de prise d'air bénéficient d'une immunité naturelle aux effets directs de la foudre de par leurs caractéristiques mécaniques (cf. [Réf \[11\]](#)). Il est vérifié qu'un impact de foudre d'intensité inférieure à 3kA ou supérieure à 200 kA est sans conséquence sur les fonctions de sûreté assurées par les matériels situés en-dehors d'une cage maillée (cf. [Réf \[11\]](#)).

2.2.2. Analyse des effets indirects

2.2.2.1. Perturbations rayonnées

Aucun matériel classé de sûreté F1 ou F2 de l'îlot nucléaire et sensible aux perturbations rayonnées n'est situé en dehors de la cage maillée (cf. [Réf \[9\]](#)). Les niveaux de champs auxquels sont soumis les matériels classés de sûreté F1 et F2 situés dans les bâtiments de l'îlot nucléaire sont acceptables et ne remettent pas en cause les fonctions de sûreté.

Les matériels classés de sûreté F1 et F2 et sensibles aux perturbations rayonnées situés dans les bâtiments de l'îlot conventionnel susceptibles d'être impactés sont soumis à des niveaux de champs acceptables ou qui ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté associés aux agressions externes (cf. [Réf \[11\]](#)).

2.2.2.2. Perturbations conduites et induites

La protection des équipements classés F1 ou F2 sensibles aux perturbations conduites ou induites est assurée par :

- la mise à la terre ou à la masse des services entrants et sortants de la zone protégée contre la foudre ZPF1 (au sens de la norme NF EN 62305-4 [Réf \[4\]](#)) de manière à ne pas dégrader la protection par cage maillée ;
- l'interconnexion du réseau de terre et de masse ;
- les modalités de câblage.

2.2.2.2.1. Cas des câbles Contrôle/Mesure et BT pénétrants dans la ZPF1 depuis l'extérieur

L'absence de pénétration d'une surtension dans la ZPF1 au sens de la norme NF EN 62305-4 [Réf \[4\]](#) via un service entrant et/ou sortant est basée sur l'application du principe d'installation décrit dans le [§ 2.1.2.2.2.](#)

2.2.2.2.2. Cas des câbles de puissance inter-bâtiments

Les valeurs de surtension obtenues par calculs d'après la méthode mentionnée dans le [§ 2.1.2.2.2.](#), sont compatibles avec les normes de Compatibilité Electromagnétique spécifiées pour les matériels électriques de l'EPR Flamanville 3 (cf. [Réf \[9\]](#) et [Réf \[11\]](#)).

Un cas complémentaire est à considérer. Ce cas correspond à un impact foudre sur les lignes d'alimentation externes qui conduirait à propager une surtension sur l'ensemble du réseau de distribution de puissance. Aucune surtension transitoire significative (cf. [Réf \[9\]](#) et [Réf \[11\]](#)) n'atteint les équipements classés de sûreté. Les résultats démontrent que ce cas est sans conséquence pour la sûreté, même en considérant une défaillance des parafoudres.

2.2.3. Analyse des cumuls

2.2.3.1. Foudre et incendie

Le risque d'un incendie généré par la foudre est écarté par conception. En effet, par application de la norme NF EN 62305 ([Réf \[2\]](#), [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#)), il n'y a pas de risques d'échauffement ou de génération d'étincelles dangereux lesquels seraient susceptibles de générer un incendie.

Par ailleurs, les moyens de mitigation associés à la lutte contre l'incendie sont les suivants :

- Systèmes de sprinklage et de canalisation d'eau incendie,
- Système JDT de détection incendie.

Ces systèmes classés sont protégés contre les effets directs de la foudre par leur localisation à l'intérieur de bâtiments C1 garantissant un niveau de protection I au sens de la norme NF EN 62305 ([Réf \[2\]](#), [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#)) et par la mise à la terre des tuyauteries situées à l'entrée et sortie des bâtiments.

Concernant les effets indirects, les systèmes de sprinklage sont constitués de détecteur passifs et ne sont ainsi pas impactés. Quant au système JDT, classé F2, il n'est pas situé dans des zones de champs rayonnés susceptibles d'engendrer sa perte (cf [Réf \[9\]](#)).

Le cumul de la foudre et de l'incendie est donc sans impact.

2.2.3.2. Foudre et Pluie de Forte Intensité

Les seuls matériels du réseau d'évacuation des eaux pluviales susceptibles d'être impactés par la foudre sont les gouttières métalliques. L'impact direct de la foudre ne remet néanmoins pas en cause leur capacité d'évacuation en cas de Pluie de Forte Intensité.

2.2.4. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées vis-à-vis de l'agression foudre sont (cf. [Réf \[9\]](#)) :

- la cage maillée,
- le réseau de terre (dont les chambres de contrôle qui permet l'évacuation du courant généré par la foudre),
- le niveau d'immunité des matériels classés F1 et F2, sensibles aux champs rayonnés (celui-ci est supérieur aux rayonnements résiduels issus de la foudre.),
- les parafoudres,
- les paratonnerres (côté îlot Conventionnel).

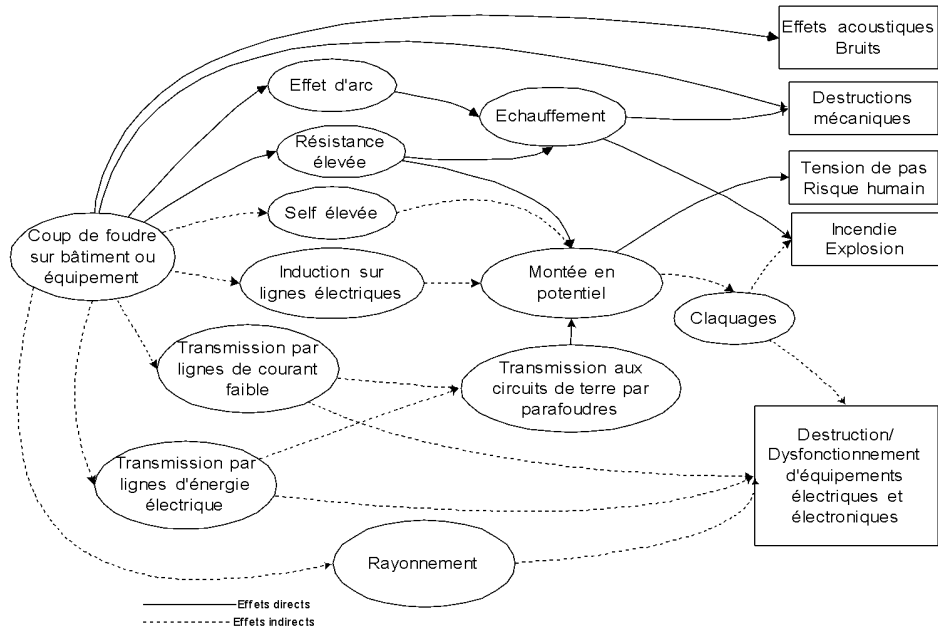
LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1]** Arrêté INB du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [2]** Norme NF EN 62305-1 : 2006 « Protection contre la foudre - Partie 1 : Principes généraux »
- [3]** Norme NF EN 62305-3 : 2006 « Protection contre la foudre - Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains »
- [4]** Norme NF EN 62305-4 : 2006 « Protection contre la foudre - Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures »
- [5]** UTE C15-443 « Installations électriques à basse tension – Guide pratique – Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres – Choix et installation des parafoudres
- [6]** Rapport technique CEI 61000-5-2 « compatibilité électromagnétique – partie 5 – Guides d'installation et d'atténuation – Section 2 – Mise à la terre et câblage ».
- [7]** ENSEMD060324 ind. A — Référentiel de sûreté foudre applicable à l'EPR
- [8]** KTA 2206 – Novembre 2009 - Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA) - Design of Nuclear Power Plants Against Damaging Effects from Lightning
- [9]** ECEIG110060 ind. D - Note d'analyse de sûreté de la conception de l'EPR Flamanville 3 vis-à-vis de l'agression foudre pour l'îlot nucléaire
- [10]** ENSECC060193 ind. D - Exigences CEM (émissivité et immunité) pour les matériels électriques et électroniques installés en CNPE
- [11]** ETD0IG110357 ind. E- Note d'analyse de sûreté de la conception de l'EPR Flamanville 3 vis-à-vis de l'agression foudre pour l'îlot conventionnel et le BOP
- [12]** ECEIG121299 ind. A – EPR FA3 - Typologie des câbles cheminant en extérieur nécessitant l'installation de parafoudres serait plus adaptée
- [13]** D305914016447 ind. B - Evolution des exigences du chapitre des RDS relatif à la protection contre les effets de la foudre

TAB-3.3.7.1 CARACTÉRISTIQUES DU COURANT DE Foudre PRIS EN COMPTE POUR UNE PROTECTION DE NIVEAU I

□

FIG-3.3.7.1 CONSÉQUENCES DU FOUDROIEMENT D'UNE STRUCTURE.



SOMMAIRE

.3.3.8 AGRSSIONS SPÉCIFIQUES À LA SOURCE FROIDE.	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. OBJECTIF GÉNÉRAL DE SÛRETÉ	3
0.2. DESCRIPTION DES AGRSSIONS	3
0.2.1. ARRIVEE MASSIVE DE COLMATANTS (AMC)	3
0.2.2. HYDROCARBURES	4
0.2.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT	5
0.2.4. FRASIL	5
0.2.5. PRISE EN GLACE	6
0.2.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE	6
1. BASES DE CONCEPTION	6
1.1. ARRIVÉE MASSIVE DE COLMATANTS (AMC)	6
1.2. HYDROCARBURES	7
1.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT	7
1.4. FRASIL	7
1.5. PRISE EN GLACE	7
1.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE	7
1.7. CONJONCTIONS ET CUMULS À PRENDRE EN COMPTE	7
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	8
2.1. ARRIVÉE MASSIVE DE COLMATANTS	8
2.1.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	8
2.1.2. ANALYSE	9
2.2. HYDROCARBURES	10
2.2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	10
2.2.2. ANALYSE	11
2.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT	11
2.3.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	11
2.3.2. ANALYSE	11
2.4. FRASIL	12
2.4.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	12
2.4.2. ANALYSE	12



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 3.8

PAGE 2/15

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

2.5. PRISE EN GLACE	13
2.5.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	13
2.5.2. ANALYSE	13
2.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE	13
2.6.1. ELÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	13
2.6.2. ANALYSE	14
LISTE DES RÉFÉRENCES.	15

.3.3.8 AGRESSIONS SPÉCIFIQUES À LA SOURCE FROIDE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Par leur liaison directe avec la source froide naturelle, les systèmes de la station de pompage peuvent être affectés par des agressions ou des phénomènes spécifiques liés à l'environnement marin.

Les agressions Arrivée Massive de Colmatants, hydrocarbures, ensablement/envasement, frasil, prise en glace, niveau bas de la source froide sont traitées dans cette section. L'agression niveau haut de la source froide naturelle est traitée dans la section 3.3.5.

0.1. OBJECTIF GÉNÉRAL DE SÛRETÉ

L'objectif général de sûreté est de garantir que les relâchements de produits radioactifs dans l'environnement consécutifs à des transitoires incidentels ou accidentels ont, compte-tenu des dispositions prises lors de la conception et l'exploitation des tranches, des conséquences limitées.

Cet objectif est atteint par l'accomplissement des fonctions fondamentales de sûreté.

Les principes généraux de prise en compte des agressions sont précisés dans la section 3.3.0 et la section 3.3.1.

Dans le cadre du dimensionnement, le principe de base de la protection de l'EPR contre les agressions externes est, en cohérence avec les directives techniques (F.2.1), celui de la démarche « cas de charge ». Cette démarche consiste à rechercher le découplage autant que possible entre :

- l'étude d'agression elle-même et l'étude du processus chaudière,
- l'étude de l'agression et des autres agressions internes ou externes.

Les systèmes SEC et SRU participent à l'accomplissement des fonctions fondamentales de sûreté « évacuation de la puissance résiduelle » et « confinement des substances radioactives » (voir section 9.2.1 et section 9.2.6).

La station de pompage joue un rôle au niveau de la sûreté dans le cadre de l'alimentation en eau brute des systèmes SEC et SRU. A ce titre, elle est un ouvrage support à des systèmes supports (RRI/SEC) et EVU intermédiaire/SRU de systèmes de sauvegarde du réacteur.

Pour garantir le fonctionnement des systèmes SEC et SRU en fonctionnement normal (tranche en puissance et à l'arrêt) et en situation accidentelle, la station de pompage doit assurer les fonctions suivantes liées à la sûreté :

- Garantir le transit de l'eau brute (fonction transit),
- Maintenir une qualité d'eau suffisante (fonction filtration).

Les agressions et phénomènes spécifiques à la source froide sont décrits par la suite dans le [§ 0.2.](#) et les conjonctions et cumuls retenus sont décrits dans le [§ 1.7.](#)

0.2. DESCRIPTION DES AGRESSIONS

0.2.1. ARRIVEE MASSIVE DE COLMATANTS (AMC)

Un colmatant est défini comme « un objet d'origine naturelle ou anthropique, véhiculé par le milieu naturel aquatique jusqu'à la prise d'eau et ayant la capacité à se poser sur l'un au moins des systèmes de la station de pompage ».

Les colmatants existants peuvent être classés en différents types en fonction de leur nature et/ou de leur origine :

- Faune : poissons, méduses, moules, escargots, autres coquillages, autres animaux (ex. : bryozoaires, ...).
- Flore : algues, plantes aquatiques, feuilles, arbres, branches, « sare », autres végétaux.
- Minéral : sédiments, sable, boues.
- Origine anthropique : déchets ménagers (ex. : sacs plastiques, ...), produits chimiques, hydrocarbures.
- Autres : Frasil, Blocs de glace.

Les hydrocarbures, qui font partie des colmatants d'origine anthropique, sont traités dans le phénomène « hydrocarbures » pour les nappes détectées (voir [§ 0.2.2.](#)), et dans le présent paragraphe pour les nappes non détectées et mettant donc en jeu des faibles quantités d'hydrocarbures.

Les colmatants minéraux (sédiments, sable et boues) sont susceptibles d'impacter l'écoulement et la qualité de l'eau brute nécessaire au bon fonctionnement des pompes SEC. Leur dépôt dans les ouvrages de la prise d'eau est traité dans l'agression « ensablement/envasement » (voir [§ 0.2.3.](#)), tandis que leur charriage relève de l'agression « AMC ».

Le Frasil fait l'objet d'un traitement spécifique dans l'agression « Frasil » (voir [§ 0.2.4.](#)).

Malgré un caractère saisonnier et local pour certains types de colmatants, l'AMC est un phénomène généralement peu prédictible. Les évolutions climatiques et de l'environnement des sites renforcent ce caractère non prédictible dans la durée.

Une arrivée de colmatants n'est susceptible de constituer un risque vis-à-vis de la sûreté d'une tranche que si elle induit un colmatage massif, c'est-à-dire risquant d'entraver l'atteinte des fonctions liées à la sûreté « transit de l'eau brute » et/ou « filtration de l'eau brute ».

En conséquence, le critère d'entrée en situation d'agression est le suivant :

On considère qu'une arrivée de colmatants est massive lorsqu'il est nécessaire de réduire les prélèvements d'eau nécessaires à la production (systèmes CRF ou SEN) a minima sur une voie d'acheminement afin de sécuriser ceux nécessaires au maintien de la sûreté de la tranche.

Nota : les prescriptions INB-167-44 à 47 des Prescriptions Techniques s'appliquent à ce phénomène (voir la section 1.7.1).

0.2.2. HYDROCARBURES

Deux types d'origine sont identifiés :

- 1) Les installations fixes : stockages, canalisations, etc. (brèches de tuyauteries, ruptures de cuves provenant des stockages, etc.) ;
- 2) Les voies maritimes (avarie sur un navire, naufrage, collision, dégazage, etc.) et les voies ferroviaires et routières.

Les hydrocarbures déversés dans le milieu naturel apparaissent, dans un premier temps, sous forme de nappes en surface, puis subissent un certain nombre de changements physico-chimiques. Les différents processus conduisant à un changement de la nature et de la composition d'un hydrocarbure dans le temps sont résumés dans ce qui suit :

- L'évaporation : le phénomène dépend à la fois des conditions météorologiques, mais aussi et surtout de la composition de l'hydrocarbure.
- L'étalement : les paramètres majeurs sont l'agitation de la mer ou du fleuve, ainsi que la viscosité de l'hydrocarbure.

- La dispersion (à ne considérer que pour l'eau de mer) : ce phénomène est à l'origine de la formation des nappes entre 2 eaux et des boulettes d'hydrocarbures. Il est dépendant du type d'hydrocarbures, de la température et de l'agitation de l'eau de mer.
- La sédimentation (à ne considérer que pour l'eau de mer) : elle est dépendante là encore du type d'hydrocarbures, de la teneur en sédiments et de l'agitation de l'eau de mer. Le phénomène n'a de l'importance pour les tranches situées en bord de mer, que si les hydrocarbures ne sont pas sédimentés en fond de mer, auquel cas, ils ne présentent pas de risques pour les prises d'eau de la source froide.

L'analyse de l'ensemble de ces phénomènes sur la nappe d'hydrocarbure amène à en considérer 1 typologie de 3 types :

- les hydrocarbures flottants à la surface,
- les hydrocarbures flottants entre 2 eaux (suite à la dispersion),
- les boulettes (suite à la sédimentation) et/ou la dispersion d'une nappe.

Le phénomène (hors dégazage) est prédictible grâce à la détection de la pollution par les pouvoirs publics dans le milieu naturel.

La détection d'une nappe d'hydrocarbures aux abords des installations est le critère d'entrée en situation d'agression. Les hydrocarbures non détectables et mettant donc en jeu de faibles quantités d'hydrocarbures, sont traités dans le paragraphe Arrivée Massive de Colmatants (voir [§ 1.](#) et [§ 0.2.1.](#)).

Une arrivée de nappe d'hydrocarbure peut constituer un risque vis-à-vis de la sûreté d'une tranche si elle est susceptible d'entraver l'atteinte des fonctions de sûreté « garantir le transit de l'eau brute » et/ ou « filtration de l'eau brute ».

0.2.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT

L'ensablement/envasement correspond aux phénomènes de dépôts et de déplacement de sédiments dans les ouvrages de génie civil.

Le phénomène d'ensablement/envasement se caractérise par l'obstruction ou la réduction de section passante pour l'écoulement.

L'ensablement/envasement est prévisible, via un suivi bathymétrique régulier et adapté aux conditions locales et au REX d'ensablement de site.

Un ensablement/envasement n'est susceptible de constituer un risque vis-à-vis de la sûreté d'une tranche que si la veille sur l'évolution de ce phénomène dans le milieu naturel détecte un phénomène non pris en compte à ce jour dans la bathymétrie.

Le dépôt des colmatants minéraux dans les ouvrages de la prise d'eau relève de l'agression « ensablement/envasement ». Le charriage des colmatants minéraux relève de l'agression Arrivée Massive de Colmatants (voir [§ 1.](#) et [§ 0.2.1.](#)).

0.2.4. FRASIL

Les conditions d'apparition du frasil sont décrites ci-dessous.

Deux conditions simultanées sont nécessaires à la production de frasil :

- une eau à température de fusion (environ -2°C pour l'eau de mer),
- un bilan énergétique eau /environnement négatif.

Il existe 2 types de frasil :

- Le frasil « actif » (et collant) peut être défini comme « des cristaux naissants de glace qui se forment dans le corps d'un écoulement turbulent, en l'absence de couvert de glace, lorsque la température de l'eau est sous le point de fusion (environ -2°C pour l'eau de mer) ».
- Le frasil passif : lorsque la température de l'eau rejoint son point de fusion, le frasil entre dans sa phase « passive » (et non collante), s'agglomère, flotte et dérive en surface.

Les conséquences d'une occurrence de frasil, qu'il soit sous forme active ou passive, sont une obstruction des ouvrages de préfiltration susceptible de compromettre le transit de l'eau brute nécessaire au fonctionnement ou à la sûreté des tranches du site.

Pour le phénomène « frasil », la situation d'agression correspond à la présence de frasil, soit une température d'eau égale à la température de fusion (-2°C pour l'eau salée).

La condition « température de l'eau égale à la température de fusion » constitue le paramètre fondamental à l'entrée en phase de production de frasil. Ce paramètre, accessible en continu pour l'Exploitant, constitue un indicateur robuste permettant de prévenir une éventuelle formation de frasil. Le frasil peut donc être considéré comme un phénomène prédictible.

0.2.5. PRISE EN GLACE

La formation d'une épaisseur de glace est due à la construction locale, généralement depuis la rive, d'un couvert de glace. Les conditions nécessaires à la formation de ce couvert de glace sont sensiblement les mêmes que celles nécessaires à la formation de frasil, hormis pour la vitesse d'écoulement. En effet, la réduction de la vitesse d'écoulement participe à la formation du couvert de glace.

La situation d'agression correspond à la présence d'un couvert de glace.

La prise en glace peut être considérée, au même titre que le frasil, comme un phénomène prédictible.

La prise en glace peut constituer un risque vis-à-vis de la sûreté d'une tranche car elle est susceptible d'entraver l'atteinte de la fonction de sûreté « transit de l'eau brute » par réduction de la hauteur d'eau libre de la source froide.

0.2.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE

Les principaux phénomènes susceptibles de conduire à un niveau bas de la source froide naturelle sont de 2 ordres :

- les phénomènes naturels (à dynamique généralement lente ou prévisible) : phénomène de très basse mer exceptionnelle,
- les dégradations d'ouvrage (dégradation d'ouvrage de canalisation).

Pour un site maritime, l'atteinte d'un niveau de basse mer est essentiellement due à des phénomènes naturels à dynamique généralement lente et donc généralement prévisible.

La situation d'agression correspond à l'atteinte du niveau PBES (Plus Basses Eaux de Sûreté).

Le risque vis-à-vis de la sûreté d'une tranche correspond au risque d'entraver l'atteinte de la fonction de sûreté « transit de l'eau brute ».

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. ARRIVÉE MASSIVE DE COLMATANTS (AMC)

Pour l'agression AMC par les corps marins, la protection est assurée par les systèmes de pré-filtration SEF et de filtration CFI (voir la section 9.2.4) dont la conception et le dimensionnement permettent d'assurer en toute circonstance le transit d'eau brute filtrée pour les besoins des circuits de sûreté.

Cette protection s'appuie notamment sur :

- la redondance et la séparation physique des quatre trains,
- la diversification technologique de la filtration (deux filtres à chaînes et deux tambours filtrants).

1.2. HYDROCARBURES

Le transit d'eau filtrée et la capacité d'échange des échangeurs SEC/RR1 et SRU/EVU sont assurés en évitant la pénétration des hydrocarbures dans la station de pompage.

1.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT

La problématique d'ensablement et d'envasement du chenal d'amenée fait l'objet de dispositions d'exploitation adaptées permettant de faire face à cette agression.

1.4. FRASIL

Parmi les conditions nécessaires à la formation de frasil (voir le [§ 0.2.4.](#)), le suivi du paramètre « température eau » permet de prévenir l'Exploitant d'un risque d'entrer dans une période éventuelle de formation de frasil.

Des dispositions sont mises en œuvre au niveau des ouvrages de prise d'eau nécessaires à l'alimentation en eau brute pour écarter les risques de perte de la source froide en cas de frasil. Les risques liés au frasil sont analysés selon la méthodologie décrite dans le document [Réf \[1\]](#).

1.5. PRISE EN GLACE

Le suivi du paramètre température d'air permet de prévenir l'Exploitant d'un risque d'entrer dans une période de prise en glace.

Des dispositions sont mises en œuvre au niveau des ouvrages de prise d'eau nécessaires à l'alimentation en eau brute pour écarter les risques de perte de la source froide en cas de prise en glace.

1.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE

Les ouvrages de prise d'eau nécessaires à l'alimentation en eau brute sont protégés des éventuels effets d'un niveau bas de la source froide par leur calage et leur dimensionnement aux Plus Basses Eaux de Sécurité (PBES) calculées selon la méthodologie de la [Réf \[4\]](#).

1.7. CONJONCTIONS ET CUMULS À PRENDRE EN COMPTE

Les cumuls ou conjonctions à considérer pour les agressions spécifiques à la source froide sont les suivants :

- Frasil, Grands Froids, et MDTE (6 heures),
Le frasil peut être présent en situation de Grands Froids. Or, le Grand Froid pouvant entraîner une fragilité du réseau¹, le cumul MDTE de site (MDTE « fonctionnel »² de 6 heures) avec le frasil doit donc être considéré en période de Grands Froids.

Frasil + (Grands Froids → MDTE).

1. En effet, le MDTE est un des incidents susceptibles de survenir pendant une période de grands froids dans la mesure où de nombreux moyens de chauffage sont assurés par des systèmes requérant ces sources.
2. MDTE « fonctionnel » : dysfonctionnement du réseau ou tout au moins de la partie du réseau à laquelle le site est rattaché. Ce MDTE prend fin après remise en service du réseau par EDF-RTE. Conventionnellement, il est de 6 heures.

- Basses Eaux et Grands Froids,
Une situation de Grands Froids peut conduire à la formation d'une couche de glace à la surface de l'eau. Le transit de l'eau est vérifié au niveau d'eau libre alors obtenu.

Grands Froids → Basses Eaux.

- AMC et inondation externe,
Un lien de cause à effet est possible, sans pour autant être systématique, avec des niveaux d'eau importants. Le niveau CMS (Cote Majorée de Sûreté) est retenu à titre conservatif. En tenant compte du REX et des liens possibles on peut indiquer que seuls les aléas suivants doivent être considérés comme initiateurs potentiels d'une AMC :

- Crue en bord de mer par surcote(CBMS),
- Intumescence.

Inondation externe → AMC.

- AMC et Basses Eaux
Un lien de cause à effet est possible, sans pour autant être systématique, pour les sites de bord de mer et d'estuaire uniquement. Les concomitances observées le sont pour des niveaux d'eau supérieurs à ceux nécessitant l'arrêt des pompes de production. A titre conservatif, la démarche de vérification sera menée jusqu'au niveau d'eau nécessitant l'arrêt des pompes de production.

Basses Eaux → AMC.

- AMC, vent et MDTE.
Un lien de cause à effet entre la présence de vent et des AMC est possible. Les vitesses maximales de vent observées lors d'une AMC correspondent à des niveaux déjà pris en compte au titre du dimensionnement et ne sont pas de nature à le remettre en cause. A titre conservatif, la démarche de vérification de protection de l'installation face à une AMC devra être menée pour des vents retenus au titre du référentiel PGVE (Projectiles Générés par le Vent Extrême), et en considérant les projectiles générés par ces vents. Dans ce cas, un MDTE « matériel »³ de 5 jours doit être pris en compte.

(Tempête (vents de niveaux PGVE) → AMC) + (Tempête (vents de niveaux PGVE) → MDTE).

L'analyse de sûreté faite au [§ 2.](#) intègre ces cumuls.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. ARRIVÉE MASSIVE DE COLMATANTS

2.1.1. éléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarios considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Arrivée Massive de Colmatants » sont évoqués au [§ 0.2.1.](#)

3. MDTE matériel : défaillance d'un ou plusieurs ouvrages constituant la liaison entre le site et le réseau alimenté par les autres moyens de production (ex : pylônes, transformateurs, etc...). Ce MDTE prend fin après réparation. Pour le cas particulier du séisme on retient conventionnellement un MDTE de 15 jours. Pour les autres situations, on retient un MDTE de 5 jours.

Le bon fonctionnement des systèmes classés SEC et SRU est assuré si, malgré la situation dégradée consécutive à l'agression, sont vérifiées la pérennité de la filtration de l'eau brute et du transit de l'eau brute (voir [§ 0.1.](#)).

La vérification de la filtration de l'eau brute est acquise si les éléments suivants sont réunis :

- les grilles de pré-filtration présentent une robustesse mécanique suffisante en cas de colmatage, ou sont munies d'une mesure de perte de charge pouvant générer des alarmes en salle de commande, afin de mettre en œuvre des actions visant à réduire la perte de charge, et ainsi protéger l'intégrité des grilles.
- les tamis de filtration fine sont munis d'une mesure de perte de charge,
- il existe un automatisme de réduction du débit appelé sur détection de perte de charge élevée à la filtration fine, ce qui permet de garantir une perte de charge au niveau des éléments filtrants compatible avec leur dimensionnement,
- le lavage basse pression et la rotation petite vitesse de la filtration fine sont opérationnels, afin de la nettoyer en permanence.

La vérification du transit de l'eau brute est acquise si les éléments suivants sont réunis :

- il existe une mesure de niveau bas en aval de la filtration,
- il existe un automatisme de réduction du débit appelé sur détection d'un niveau bas en aval de la filtration, ce qui permet, en cas de colmatage prépondérant des grilles de pré-filtration, de garantir un niveau d'eau à l'aval de la filtration fine compatible avec le bon fonctionnement des pompes SEC et SRU.

2.1.2. Analyse

2.1.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

Les grilles de pré-filtration SEF (voir section 9.2.4) permettent de se prémunir de l'entrée en station de pompage de déchets volumineux susceptibles d'entraver le bon fonctionnement des filtres CFI.

Une mesure de perte de charge des grilles permet de surveiller leur tenue structurelle. Sur atteinte d'une perte de charges élevée au niveau des grilles SEF, les opérateurs réduisent préventivement le débit appelé par les pompes de production, ce qui entraîne une baisse de la perte de charge.

Le système CFI (voir section 9.2.4) composé de quatre trains redondants de conception diversifiée (deux filtres à chaînes et deux tambours filtrants) assure en permanence la filtration en eau pour les systèmes SEC et SRU. La filtration de l'eau est garantie grâce à :

- Un dispositif de lavage basse pression des filtres à chaînes et des tambours filtrant combiné avec le dispositif de rotation petite vitesse des filtres à chaînes et des tambours filtrant.
- Un dispositif de délestage automatique des débits CRF sur perte de charge élevée d'un tambour filtrant, et SEN sur perte de charge élevée d'un filtre à chaînes. De cette façon l'intégrité des filtres CFI et la fonction filtration sont assurées.

Le transit de l'eau est garanti grâce à :

- Un dispositif de délestage automatique des débits CRF sur l'atteinte d'un niveau bas d'eau en aval d'un tambour ou SEN en aval d'un filtre à chaînes.

Les dispositions prises pour protéger l'installation en cas d'arrivée massive de colmatants sont également efficaces pour les conjonctions et cumuls présentés au [§ 1.7.](#) :

- « AMC et inondation externe » : l'instrumentation entrant dans la détection et le traitement du niveau de perte de charge aux grilles de pré-filtration, du niveau aval filtration, et du niveau de

perte de charge à la filtration fine, est robuste à l'atteinte du niveau CMS (Cote Majorée de Sûreté).

- « AMC et basses eaux » : le seuil de délestage des pompes de production sur bas niveau en aval de la filtration fine est compris dans la gamme physique de mesure des sondes hydrostatiques. Cette parade reste donc efficace pour ce cumul.
- « AMC, vent et MDTE » : les dispositions valorisées pour l'agression AMC sont protégées contre les vents et le MDTE. A titre conservatif, la vérification est menée pour des vents retenus au titre du référentiel PGVE et en considérant les projectiles générés par ces vents.

Cette analyse est issue de l'étude [Réf \[6\]](#).

2.1.2.2. Dispositions valorisées

Une surveillance de l'évolution du colmatage au niveau des grilles de pré-filtration est effectuée. En cas d'AMC, les actions de replis sont engagées, pour arrêter les pompes de production avant atteinte du seuil de rupture des grilles.

Par ailleurs, les fonctions suivantes sont valorisées :

- pré-filtration de l'eau brute (SEF),
- rotation à petite vitesse et lavage basse pression des organes filtrants (filtres à chaînes et tambours filtrant CFI),
- déclenchement d'une pompe CRF,
- arrêt de l'aspiration de la pompe SEN dans le filtre à chaînes.

Les parades sont détaillées dans la [Réf \[8\]](#).

2.2. HYDROCARBURES

2.2.1. Eléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarios considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Hydrocarbures » sont évoqués au [§ 0.2.2.](#)

Le bon fonctionnement des systèmes classés SEC et SRU est assuré si, malgré la situation dégradée consécutive à l'agression, sont vérifiées la pérennité de la filtration de l'eau brute et du transit de l'eau brute (voir [§ 0.1.](#)).

Pour cela, plusieurs lignes de défenses sont prévues :

- Dans le cas où la nappe d'hydrocarbures est détectée en amont de la station de pompage (i.e. nappes de surface), le repli préventif des tranches doit être effectué. Cette action, réalisée avant l'arrivée effective d'une nappe d'hydrocarbures à l'entrée du canal d'amenée, permet de limiter le débit appelé au seul débit de sûreté et d'empêcher la pénétration d'hydrocarbures dans la station de pompage.
- Dans le cas où les hydrocarbures ne sont pas détectés en amont (nappes entre deux eaux ou boulettes), ils seront détectés par une ronde en station de pompage, ou par les parades définies avec la méthodologie « Arrivée Massive de Colmatants » (voir [§ 2.1.1.](#)). Dans tous les cas des pompes de production seront déclenchées, entraînant une diminution des pertes de charge sur la filtration fine, et garantissant la robustesse de la station de pompage.

2.2.2. Analyse

2.2.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

En cas de détection d'une nappe d'hydrocarbures par les pouvoirs publics, des conventions passées entre les préfectures maritimes, Météo France et EDF, permettent de surveiller l'évolution de la nappe et d'informer EDF de sa position par rapport aux prises d'eau des sites nucléaires.

L'arrêt préventif des pompes CRF fait suite à l'alerte donnée par les pouvoirs publics. Ces situations conduisant généralement au déclenchement du plan ORSEC MER.

En cas de détection en station de pompage, et qui ne relèverait que de faibles quantités, le repli de tranche est engagé. La protection des circuits de sûreté est assurée par les dispositifs de filtration, au même titre que pour les autres types de colmatant (voir [§ 2.1.](#)).

2.2.2.2. Dispositions valorisées

Des dispositions organisationnelles graduelles sont valorisées vis-à-vis de l'agression « Hydrocarbures » : l'exploitant est alerté en cas de pollution par des hydrocarbures, et la tranche est repliée préventivement sur arrivée d'hydrocarbures.

En cas de détection en station de pompage, les dispositions valorisées sont mentionnées au [§ 2.1.2.2.](#)

Les parades sont détaillées dans la [Réf \[8\]](#).


2.3. ENSABLEMENT ET ENVASEMENT

2.3.1. Eléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarios considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Ensablement et Envaselement » sont évoqués au [§ 0.2.3.](#)

Le bon fonctionnement des systèmes classés SEC et SRU est assuré si, malgré la situation dégradée consécutive à l'agression, sont vérifiées la pérennité de la filtration et du transit de l'eau brute (voir [§ 0.1.](#)).

Pour cela, pour chaque ouvrage situé sur le transit de l'eau brute, les points suivants sont étudiés :

- Détermination du fait que l'agression « Ensablement et Envaselement » peut ou non créer un niveau bas à l'aval de l'ouvrage.
- En cas de risque de niveau bas, valorisation d'une détection de niveau bas à l'aval de la filtration, ou à l'aval de l'ouvrage concerné, et procédure  de déclenchement de pompes de production sur dépassement d'un seuil associé, afin d'éviter de générer un apport massif de sédiments en station de pompage.

2.3.2. Analyse

2.3.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

Le seul ouvrage à l'aval duquel l'agression est susceptible de créer un niveau bas est le canal d'amenée.

Pour se prémunir de ce phénomène, deux paramètres sont à surveiller : le niveau d'ensablement dans le canal et le niveau d'eau en amont du canal d'amenée. Les relevés bathymétriques permettent de mesurer l'ensablement du canal et de lancer une opération de dragage si les critères de dragage sont atteints.

Par ailleurs, aux périodes des grandes marées, le niveau de la mer peut baisser jusqu'au niveau Plus Basses Eaux (PBE) voire en-dessous. L'absence d'apport massif de sédiments en station de pompage est alors garanti par le déclenchement préventif de pompes CRF.

Les alvéoles des organes filtrants font quant à elle l'objet de surveillance et de curages si nécessaires, permettant d'éviter un blocage de la rotation des organes.

Ces mesures permettent de garantir le transit d'eau filtrée vers les pompes SEC.

Le charriage des particules est traité au sein de l'agression Arrivée Massive de Colmatants.

Cette analyse est issue de l'étude [Réf \[7\]](#).

2.3.2.2. Dispositions valorisées

Des dispositions organisationnelles sont valorisées vis-à-vis de l'agression « Ensablement et Envasement » :

- des bathymétries sont réalisées périodiquement et des dragages du canal d'amenée sont réalisés si nécessaires,
- une surveillance des niveaux bas du milieu naturel est effectuée au moyen des prévisions de marée et de décote. Si nécessaire, l'arrêt d'un nombre de pompes CRF compatible avec le maintien de la ligne d'eau quelques heures avant la basse mer sera réalisé,
- une surveillance de l'ensablement et envasement des alvéoles des organes filtrants, avec réalisation de curage si nécessaire.

Les parades sont détaillées dans la [Réf \[8\]](#).

2.4. FRASIL

2.4.1. Eléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarios considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Frasil » sont évoqués au [§ 0.2.4.](#)

Il est vérifié en premier lieu la sensibilité du site vis-à-vis du risque « frasil ». Elle est appréciée en regard des chroniques de température de la source froide. Celles-ci sont comparées à la température de formation du frasil à laquelle est ajoutée une marge de 2°C. Cela correspond à une température de 0°C pour l'eau de mer.

2.4.2. Analyse

2.4.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

Pour le site de Flamanville, l'analyse des chroniques de température de l'eau de mer montre que le site n'est pas concerné par un risque de frasil.

De même, le site de Flamanville n'est pas sensible au cumul « Frasil, Grands Froids, et MDTE » évoqué au [§ 1.7.](#)

Une veille sur les températures est réalisée et les risques vis-à-vis du frasil seront réexaminés périodiquement.

Cette analyse est issue de l'étude [Réf \[2\]](#).

2.4.2.2. Dispositions valorisées

Sans objet.

2.5. PRISE EN GLACE

2.5.1. Eléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarios considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Prise en glace » sont évoqués au [§ 0.2.5.](#)

Le bon fonctionnement des systèmes classés SEC et SRU est assuré si, malgré la situation dégradée consécutive à l'agression, sont vérifiées la pérennité de la filtration de l'eau brute et du transit de l'eau brute (voir [§ 0.1.](#)).

L'agression « Prise en glace » est susceptible d'entraver le transit de l'eau brute (voir [§ 0.2.5.](#)). Pour garantir celui-ci, il est nécessaire de procéder à une vérification de l'alimentation des pompes SEC et SRU avec un couvert de glace.

L'épaisseur de glace est évaluée sur la base de données climatiques. L'alimentation des pompes SEC et SRU est vérifiée en tenant compte des pertes de charge engendrées par le couvert de glace, et en considérant, de manière conservatrice, un niveau d'eau aux Plus Basses Eaux de Sécurité (PBES).

2.5.2. Analyse

2.5.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

Le risque de formation d'un couvert de glace en surface est lié à des températures basses de l'air. Sur la base de données de découplage conservatrices, une épaisseur de glace de 72 cm a été évaluée. Dans ces conditions, l'alimentation pérenne en eau brute des pompes classées a été vérifiée.

Pour garantir la possibilité de démarrer un train SEC ou SRU initialement à l'arrêt, les pompes SEC sont permutées tous les deux jours durant la période de vigilance grand froid pour éviter la prise en glace des déversoirs des rejets des tuyauteries SEC et SRU. Pendant cette phase de vigilance, les déversoirs non brassés sont vidangés (voir [Réf \[3\]](#)).

Les dispositions prises pour protéger l'installation en cas de prise en glace sont également efficaces pour les conjonctions et cumuls présentés au [§ 1.7.](#) :

- « Grands Froids et Basses Eaux » : sur la base d'analyses enveloppes, il est démontré que les actions réalisées en période de vigilance permettent de garantir l'alimentation des pompes SEC et SRU en situation « basses eaux et grand froid ».

L'analyse est issue de l'étude [Réf \[2\]](#) .

2.5.2.2. Dispositions valorisées

Des dispositions organisationnelles sont valorisées vis-à-vis de l'agression « Prise en glace ». En cas de Grands Froids :

- chaque train SEC disponible est en service a minima tous les deux jours,
- les déversoirs des trains SEC et SRU2 indisponibles sont vidangés. Le déversoir du train SRU1 est vidangé après l'utilisation du train.

Les parades sont détaillées dans la [Réf \[8\]](#).

2.6. NIVEAU BAS DE LA SOURCE FROIDE

2.6.1. Eléments de méthodologie

Les initiateurs, scénarii considérés, nature des cibles et modes de dégradation de l'agression « Niveau bas de la source froide » sont évoqués au [§ 0.2.6.](#)

Les systèmes de la station de pompage sont considérés comme robustes si, malgré la situation dégradée consécutive à l'agression, sont vérifiées la pérennité de la filtration de l'eau brute et du transit de l'eau brute (voir [§ 0.1.](#)).

Ceci est vérifié en assurant l'alimentation pérenne des pompes de sûreté des systèmes SEC et SRU, pour le niveau le plus bas envisagé de la source froide naturelle, correspondant au niveau PBES.

La cote PBES est définie comme la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 70% de l'estimation statistique du niveau bas millénal, de laquelle on déduit une marge d'incertitude. La marge est prise égale à 15% de l'écart entre le niveau de basse mer d'une marée astronomique (de coefficient 120) et la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 70% de l'estimation statistique du niveau bas millénal.

Une fois cette cote déterminée, la vérification de l'alimentation des pompes SEC et SRU est réalisée selon la méthodologie décrite dans la section 9.2.1 (paragraphe 3.1.3) et la section 9.2.6 (paragraphe 3.1.3).

2.6.2. Analyse

2.6.2.1. Vérification de la filtration et du transit de l'eau brute

Le niveau des PBES au droit de la station de pompage de Flamanville 3 a été réévalué à un niveau de \square m NGFN. Ce niveau est supérieur à celui retenu dans le dimensionnement de la station de pompage de la tranche \square m NGFN). Compte-tenu du calage du génie-civil des pertuis d'aspiration de la station de pompage et des pompes, l'alimentation pérenne en eau brute des pompes classées de sûreté est assurée pour un niveau correspondant aux PBES (voir section 9.2.1, section 9.2.6 et [Réf \[5\]](#)).

La vérification étant faite en considérant le seul débit de sûreté comme débit appelé, la parade face aux plus bas niveaux repose également sur un déclenchement préalable des pompes CRF et SEN. Ces déclenchements sont initiés par la détection d'un bas niveau en aval des tambours et des filtres à chaîne.

Le cumul « AMC et Basses Eaux » est traité dans le [§ 2.1.](#), tandis que le cumul « Grands Froids et Basses Eaux » est traité dans le [§ 2.5.](#)

2.6.2.2. Dispositions valorisées

Les fonctions suivantes sont valorisées :

- déclenchement d'une pompe CRF,
- arrêt de l'aspiration de la pompe SEN dans le filtre à chaînes.

Les parades sont détaillées dans la [Réf \[8\]](#).

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] ENITSF090112 A : Méthodologie d'analyse de la capacité d'une prise d'eau à faire face à une formation massive de frasil

[2] ETDOSF110116 A : Etude des risques de prise en glace et de colmatage par frasil des ouvrages d'alimentation en eau brute de la centrale EPR de Flamanville

[3] ETDOSF110173 A : Risque de prise en glace des déversoirs SEC/SRU en période de grand froid – Proposition de parades

[4] ENITSF120110 A : Protection des tranches nucléaires contre les risques de niveau bas de la source froide naturelle – Méthode de détermination des Plus Basses Eaux de Sécurité

[5] D305216057251B : Vérification de l'alimentation en eau des pompes SEC et SRU de l'EPR Flamanville 3

[6] D305216018094 A : Méthodologie d'analyse de la capacité des systèmes de la station de pompage à faire face à une arrivée massive de colmatants appliquée à l'EPR de Flamanville

[7] ETGC130254 C : Application de la méthodologie d'analyse de la capacité des systèmes de la station de pompage à faire face à l'ensablement/envasement à l'EPR de Flamanville 3

[8] D305117002784 F : Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

SOMMAIRE

.3.3.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES

RADIOLOGIQUES	2
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
1. BASES DE CONCEPTION	2
1.1. GÉNÉRALITÉS	2
1.2. RÈGLES DE VÉRIFICATION	3
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	4
2.1. DÉFINITION DES CAS LIMITATIFS	4
2.1.1. IDENTIFICATION DES TERMES SOURCES	4
2.1.2. IDENTIFICATION DES SCÉNARIOS D'AGRESSIONS CONDUISANT AUX SCÉNARIOS ENVELOPPES	4
2.1.3. SCÉNARIO ASSOCIÉ À L'AGRESSION « SÉISMES »	5
2.1.4. SCÉNARIO ASSOCIÉ À L'AGRESSION «CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES»	5

.3.3.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

L'objectif de l'évaluation des conséquences radiologiques des situations résultant des risques d'origine externe est de justifier qu'elles sont au plus équivalentes à celles évaluées pour des conditions de fonctionnement (cf. sous-chapitre 15.3) de fréquences d'occurrences équivalentes.

Tous les textes réglementaires applicables sont identifiés dans la section 3.3.0 ou dans les sections connexes 3.3.i.0 spécifiques à chaque agression externe.

Les exigences de sûreté sont conformes à la prescription technique INB 167-6.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. GÉNÉRALITÉS

La méthode de vérification de l'acceptabilité des conséquences radiologiques s'applique à des scénarios initiés (lien de cause à effet) par des agressions suivant les principes identifiés dans la section 3.3.0 du RDS. Ainsi, la vérification porte sur les agressions considérées individuellement, et sur les situations de type « agression induisant une condition de fonctionnement PCC ».

L'analyse induite par la vérification permet d'exclure les agressions pour lesquelles il n'existe pas de risque de conséquences radiologiques du fait des précautions prises au dimensionnement des bâtiments et/ou de ses systèmes (y compris sur critère probabiliste par application d'une RFS), du fait de l'absence d'inventaire radioactif dans le bâtiment considéré, ou de l'absence d'impact de l'agression du bâtiment sur un autre bâtiment comportant des produits radioactifs.

La vérification s'appuie sur l'identification des termes sources radioactifs notables et mobilisables. Ainsi, les installations relevant de la réglementation des ICPE ou les équipements nécessaires au fonctionnement de l'INB mais qui n'auraient éventuellement relevé que de la réglementation ICPE en dehors du périmètre de l'INB, sont exclus de l'étude. Ces installations ne contiennent pas de terme source radioactif notable.

La méthode de vérification s'appuie sur les principes suivants :

- Les règles et hypothèses d'étude applicables à la méthode de vérification de l'acceptabilité des conséquences radiologiques des agressions sont les règles d'étude des agressions telles que définies dans le sous-chapitre 3.3 du RDS.
Compte tenu du nombre important de situations résultant des risques d'origine externe susceptibles de faire l'objet d'une vérification (configurations de tranche, états initiaux, types d'agressions, localisation, conditions climatiques...), et afin de réaliser une vérification satisfaisante, tous les scénarios possibles ne sont pas explorés systématiquement ; la méthode privilégie une démonstration basée sur des vérifications réalisées sur un nombre limité de scénarios, retenus pour leur caractère enveloppe, à partir des études d'agressions.
- La méthode de vérification des conséquences radiologiques des agressions identifie les scénarios enveloppes pertinents, sur la base de la localisation des termes sources susceptibles d'être mobilisés par l'agression considérée, selon les modes de propagation possibles vers l'environnement, et sur la base d'une approche combinant la probabilité des scénarios associée à leur gravité.
- Dans le cadre de la détermination des couples « probabilité/gravité » des scénarios enveloppes ou dans celui de l'appréciation de l'acceptabilité des conséquences radiologiques des agressions, la méthode s'appuie quand cela est pertinent sur les études préexistantes et valorisées dans le RDS (conditions de fonctionnement PCC, études de vérification spécifiques, études résultant de l'Arrêté du 31 décembre 1999 fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et

limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base...).

La méthode privilégie les argumentaires qualitatifs, ou les calculs préexistants ; elle a recours à des calculs dédiés si cela s'avère nécessaire.

1.2. RÈGLES DE VÉRIFICATION

Les grandes étapes de la méthode reposent de manière générale sur les activités suivantes :

- 1) Pour chacune des agressions, identification des bâtiments ou circuits contenant des termes sources.
- 2) Identification de la liste des scénarios à étudier sur la base des études d'agression réalisées au titre du sous-chapitre 3.3 du RDS, choix de la maille d'étude en tenant compte du terme source mobilisable et des caractéristiques des bâtiments et des systèmes. Sur la base de cette liste, la méthode analyse la présence de dispositions permettant d'écarter le risque (sur la base de la conception ou des études d'agression), en déduit une « liste réduite » de scénarios; les termes sources mobilisables peuvent être de différentes natures : essentiellement liquides ou gazeuses. L'analyse procède par agressions, bâtiments et termes sources mobilisables et identifie les scénarios enveloppes afin de limiter les analyses suivantes.
- 3) Pour chaque scénario enveloppe identifié, la méthode vérifie s'il a déjà été étudié, notamment dans le cadre d'une étude préexistante PCC, étude résultant de l'Arrêté du 31 décembre 1999, ou dans un autre cadre spécifique (le « scénario de référence »). Elle vise également à s'assurer que la probabilité du scénario d'agression est du même ordre de grandeur que celle du scénario de référence. Les conséquences sont ainsi réputées acceptables puisque le scénario d'agression est assimilé à cette étude préexistante.
Si le scénario n'a pas fait l'objet d'une étude préexistante (étude PCC, étude résultant de l'Arrêté du 31 décembre 1999, ou étude spécifique), l'analyse se poursuit aux points suivants (4, 5 et 6) :
- 4) Evaluation ou estimation des conséquences radiologiques du scénario étudié (argumentaire ou calcul existant ou dédié) et appréciation de la probabilité, selon une approche qui peut être qualitative ou quantitative.
Et comparaison à d'autres scénarios enveloppes couvrant d'autres agressions (la méthode recherche explicitement à faire émerger des scénarios enveloppes).
- 5) Identification d'une condition de fonctionnement comparable (termes sources et fréquences d'occurrence).
- 6) Comparaison entre le scénario (agression) enveloppe et la situation retenue précédemment. La méthode privilégie la comparaison des termes sources s'ils sont effectivement comparables. Dans le cas où cette comparaison n'est pas possible (par exemple les termes sources ne sont pas comparables), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe considéré sont évaluées et appréciées au regard des critères des conditions de fonctionnement correspondant à des fréquences d'occurrence équivalentes.
Dans le cas où une agression induit une condition de fonctionnement PCC, si la méthode identifie ce même PCC comme l'unique étude de référence possible, alors la méthode veille à démontrer que les conséquences radiologiques propres à l'agression n'aggravent pas de manière inacceptable celles du PCC induit.
De façon générale et par défaut, la vérification est menée avec des règles cohérentes avec celles retenues pour les agressions considérées. Néanmoins, pour favoriser l'émergence d'un nombre limité de scénarios enveloppes, ou pour faciliter la comparaison aux conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement PCC, l'analyse peut considérer des hypothèses raisonnablement conservatrices, ou des hypothèses de découplage si cela ne remet pas en cause le caractère acceptable des conséquences radiologiques des agressions considérées. Ces hypothèses simplificatrices, pour commodité d'études, ne sont pas à considérer comme des exigences sûreté à prendre en compte.
La méthode de vérification privilégie, en première approche, la maille d'étude constituée par les bâtiments. Le champ d'investigation couvre les bâtiments contenant des termes sources de nature radioactive à savoir : le BR, le BAN, les BAS, le BK, le BTE. Il convient de couvrir également certains ouvrages de site, notamment les bâches de stockage des effluents et leurs rétentions. Les systèmes élémentaires concernés sont ceux hébergés par ces bâtiments et

susceptibles de contenir un inventaire radioactif. La vérification prend en compte les effluents liquides. De fait, pour un terme source donné, il peut être utile d'adapter la maille d'étude en considérant ce par quoi il est protégé vis à vis de l'agression concernée : une partie d'un système, un local, le bâtiment entier, voire plusieurs bâtiments de l'installation. La maille retenue in fine doit être adaptée, si nécessaire, en fonction des phénomènes considérés, et de la surface ou du volume concerné par ces phénomènes.

La méthode de vérification des conséquences radiologiques nécessite d'évaluer la probabilité des scénarios enveloppes retenus. Il s'agit le plus souvent d'identifier les conditions de fonctionnement PCC pour la comparaison finale des conséquences radiologiques. Le besoin consiste généralement à indiquer un ordre de grandeur de la probabilité de l'agression considérée, ou un encadrement de cette probabilité.

Pour les besoins de la vérification, les hypothèses à prendre en compte pour borner les probabilités des scénarios d'agression peuvent notamment s'appuyer sur les études relatives aux risques classiques, selon une approche qui peut être qualitative ou quantitative.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. DÉFINITION DES CAS LIMITATIFS

2.1.1. Identification des termes sources

Les termes sources analysés sont principalement contenus dans les systèmes ou portions de systèmes suivants : RBS (portions véhiculant du fluide RIS), RCP, RCV, REN, RIS, TEG, TEP, TEN et TEU.

Les systèmes PTR et RPE ne sont pas retenus dans cette liste car le premier présente une activité volumique faible en fonctionnement normal¹ et le deuxième parce qu'il s'agit d'un circuit de collecte ne véhiculant pas du fluide radioactif en permanence.

2.1.2. Identification des scénarios d'agressions conduisant aux scénarios enveloppes

Ce paragraphe identifie les agressions externes à considérer pour la détermination des scénarios majorants.

Les scénarios analysés sont ceux induits par les agressions identifiées à la section 3.3.1 du RDS. Conformément à la méthode présentée au § 1., il est possible d'exclure certaines agressions sur les critères suivants :

- absence de risque radiologique du fait de dispositions prises au dimensionnement des bâtiments et/ou de ses systèmes ;
- critères probabilistes par application d'une RFS ;
- absence d'inventaire radioactif dans le bâtiment agressé et absence d'impact d'une agression dans ce bâtiment sur un autre bâtiment comportant des produits radioactifs.

Sur la base de ces critères, les agressions dédouanées sont :

- « chute d'avion » (application de la RFS 1.2.a, cf. section 3.3.3) et « risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication - explosion externe » (application de la RFS 1.2.d, cf. section 3.3.4) ;
- « foudre et interférences électromagnétiques » (cf. section 3.3.7) et « inondation externe » (cf. section 3.3.5).

Les scénarios enveloppes issus des études agressions à retenir sont donc les scénarios associés :

- à l'agression « séismes » (cf. section 3.3.2) ;

1. La limite d'activité est fixée au seuil définissant la limite du classement mécanique (1 MBq/L) selon le paragraphe 3 de la section 3.2.1 du RDS.

- à l'agression « conditions climatiques extrêmes » (cf. section 3.3.6 hors paragraphe 2.4) ;

2.1.3. Scénario associé à l'agression « séismes »

Un séisme de dimensionnement est susceptible d'induire la rupture des baches contenant des fluides contaminés radioactifs présentes dans le BAN et le BTE ou la formation de brèches sur leurs lignes de connexion. Il peut aussi induire la rupture des baches de stockage des effluents KER/TER présentes sur le site de Flamanville et situées à l'extérieur des bâtiments.

Le scénario d'agression enveloppe correspond donc à la rupture de tous les systèmes listés au [§ 1.](#) situés à l'intérieur du BAN et du BTE ainsi que la rupture des baches KER et TER.

En termes de volumes et activités relâchés, ce scénario est couvert par l'étude des conséquences radiologiques du PCC « défaillance multiple des systèmes dans le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) sous séisme », cf. paragraphe 4.15 du sous-chapitre 15.3.

La rupture de l'ensemble de ces baches pleines constitue un scénario pessimiste considéré comme étant hautement improbable (fréquence $<10^{-4}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. [§ 1.](#)), les conséquences radiologiques de ce scénario enveloppe sont considérées comme acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

2.1.4. Scénario associé à l'agression « conditions climatiques extrêmes »

L'agression « Grands Froids » qui ne mobilise pas directement de terme source est susceptible d'initier une situation de MDTE d'une durée maximale de 24h. Les conséquences radiologiques de ce scénario enveloppe suffisamment faibles car réputées au plus égales au seuil de rejet en fonctionnement normal défini dans le sous-chapitre 15.3 du RDS.

L'agression « neige » constitue un cas de charge et ne mobilise aucun terme source.

L'agression « vent » admet pour scénario enveloppe un MDTE dont la durée est couverte par celle du MDTE consécutif à l'agression « Projectiles Générés par le Vent Extrême ».

L'agression « Projectiles Générés par le Vent Extrême » est susceptible d'initier un MDTE d'une durée maximale de 5 jours. Les conséquences radiologiques de ce scénario enveloppe sont suffisamment faibles car réputées au plus égales au seuil de rejet en fonctionnement normal défini dans le sous-chapitre 15.3 du RDS.

3.4 PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS INTERNES

3.4.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRESSIONS INTERNES ET RÈGLES D'ANALYSES

3.4.1 BASES DE CONCEPTION

3.4.2 FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES

3.4.3 DÉFAILLANCES DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES

3.4.4 MISSILES

3.4.5 COLLISIONS ET CHUTES DE CHARGES

3.4.6 EXPLOSION INTERNE

3.4.7 INCENDIE

3.4.8 INONDATION INTERNE

3.4.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

SOMMAIRE

.3.4.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRESSIONS INTERNES ET RÈGLES D'ANALYSES	2
1. EXIGENCES GÉNÉRALES	2
2. RÈGLES D'ANALYSES	3
2.1. DÉPENDANCE ENTRE AGRESSIONS	3
2.2. CUMULS ET COMBINAISONS ENTRE AGRESSIONS ET ÉVÉNEMENTS RRC-A, ACCIDENT GRAVE OU PCC	3
2.3. APPLICATION DE LA DÉFAILLANCE UNIQUE	3
2.4. RÈGLES RELATIVES À LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE	4
2.5. RÈGLES RELATIVES AUX ACTIONS DE L'OPÉRATEUR	4
2.6. ÉTATS DE TRANCHE À PRENDRE EN COMPTE	4
2.7. MÉTHODES D'ANALYSES	4
2.7.1. AGRESSIONS INTERNES (NON SUSCEPTIBLES DE DÉCLENCHER UN TRANSITOIRE DE TYPE PCC, RRC-A, ACCIDENT GRAVE OU DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT PCC, RRC-A OU ACCIDENT GRAVE)	5
2.7.2. AGRESSIONS INTERNES SUSCEPTIBLES DE DÉCLENCHER UN ÉVÉNEMENT DE TYPE PCC-2	5
2.7.3. AGRESSION INTERNE SUSCEPTIBLE DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT PCC-3/4	5
2.7.4. AGRESSION INTERNE SUSCEPTIBLE DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT RRC-A OU ACCIDENT GRAVE	5
3. AGRESSIONS INTERNES PRISES EN COMPTE	5

.3.4.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ COMMUNES À TOUTES LES AGRESSIONS INTERNES ET RÈGLES D'ANALYSES

Préambule :

Principes relatifs à la protection contre les actes de malveillance : Un certain nombre de précautions permettant de mettre les systèmes vitaux à l'abri d'actes malveillants est pris en compte (dispersion géographique, redondance des matériels, séparation des voies ...). Les conséquences d'actes de malveillance sur l'installation sont enveloppées par les conséquences des accidents étudiés au titre du RDS. Conformément aux dispositions prévues par l'article R.593-16 du code de l'environnement, les éléments de démonstration de la sûreté de l'installation vis-à-vis des actes de malveillance sont apportés dans un dossier classé confidentiel défense.

1. EXIGENCES GÉNÉRALES

Les exigences de sûreté liées à chaque agression interne sont définies dans les sections correspondantes (sections 3.4.i.0). Les exigences communes sont fournies dans cette section.

Les agressions internes sont des événements qui ont leur origine sur le site de la tranche et qui sont susceptibles d'être source de conditions défavorables ou même de dommages aux structures, systèmes ou composants nécessaires pour remplir les fonctions fondamentales de sûreté. Ces effets sont susceptibles d'entraîner une cause de défaillance commune sur ces mêmes éléments utilisés pour atteindre ou maintenir un état sûr de la tranche. L'exigence est de protéger suffisamment les éléments nécessaires aux fonctions fondamentales de sûreté contre les effets néfastes des agressions internes. Un nombre suffisant de systèmes, permettant d'atteindre un état sûr, doit rester disponible.

La démonstration de sûreté doit être faite pour chaque agression interne en supposant que tous les matériels non protégés affectés sont perdus, en considérant un aggravant unique et en considérant les premières actions opérateurs selon les mêmes règles que pour les transitoires, incidents et accidents de référence. La déclinaison de ces règles d'analyse est détaillée ci-après.

Par ailleurs, dans la mesure du possible, la conception des systèmes mécaniques, électriques et contrôle-commande, classés et non-classés, ainsi que leur installation, devrait être telle qu'une agression interne ne puisse pas déclencher un transitoire incidentel ou accidentel.

On rappelle que les initiateurs PCC constituent une liste conventionnelle et prédéfinie indépendante des études d'agressions internes, ces études visant à dimensionner très tôt dans la démarche de conception les systèmes de protection et de sauvegarde (systèmes F1). S'il s'avère qu'une agression induit un transitoire incidentel ou accidentel, ce transitoire ne relève donc pas, par nature, des études PCC. Un nombre suffisant de systèmes classés de sûreté, visant à maîtriser les conséquences de l'évènement induit, doit rester disponible, dans le respect des règles d'études des agressions (pas de cumul MDTE, application de la défaillance unique et utilisation de moyens F2).

Nota : par la suite, la notion de transitoire de « type PCC » est utilisée pour qualifier un transitoire induit étudié au titre des agressions et dont l'initiateur est comparable à celui d'un transitoire PCC existant.

Conformément à la prescription technique INB167-6, pour Flamanville 3, les conséquences radiologiques des situations résultant des risques d'origine interne doivent être au plus équivalentes à celles à respecter pour les conditions de fonctionnement correspondant à des fréquences d'occurrence équivalentes. La prise en compte de cette prescription est développée dans la section 3.4.9.

Le classement des fonctions spécifiquement conçues pour contrôler les agressions internes est défini en section 3.2.1.

2. RÈGLES D'ANALYSES

2.1. DÉPENDANCE ENTRE AGRESSIONS

Les cumuls plausibles entre les agressions sont abordés, en tant que de besoin, dans les sections dédiées aux différentes agressions.

Ces cumuls peuvent être de plusieurs types :

- cumuls entre agressions initiatrice et induite ; lorsqu'il existe un lien de causalité,
- cumuls indépendants.

Il peut également être considéré des cumuls dits « cumuls conventionnels », imposés notamment par la réglementation.

Les éventuelles agressions (internes ou externes) et conditions de fonctionnement dont le cumul avec l'agression de référence est considéré, ainsi que le type de cumul, relèvent de l'avis d'expert, et sont déterminés agression par agression. Les cumuls plausibles retenus sont, en conséquence, présentés dans les sections agressions correspondantes.

2.2. CUMULS ET COMBINAISONS ENTRE AGRESSIONS ET ÉVÉNEMENTS RRC-A, ACCIDENT GRAVE OU PCC

Le cumul d'un initiateur RRC-A, Accident Grave ou PCC, avec une agression interne indépendante n'est pas à considérer. Une exception est cependant faite pour l'incendie pour lequel le cumul conventionnel est considéré en phase long terme des PCC¹ et des RRC-A et après séisme² (voir section 3.4.7). Par choix concepteur, pour les accidents graves, on vérifiera qu'un incendie (après 15 jours) n'entraîne pas la perte d'équipements nécessaires pour prévenir les rejets importants.

Il est acceptable qu'une agression interne puisse déclencher un événement de type PCC-2.

Les différents cas de dépendance d'une agression interne avec un événement PCC, RRC-A ou Accident Grave sont en conséquence les suivants :

- Agressions internes susceptibles de déclencher un événement de type PCC-2,
- Agressions internes susceptibles de résulter d'un événement PCC-3/4,
- Agressions internes susceptibles de résulter d'un événement RRC-A ou Accident Grave.

2.3. APPLICATION DE LA DÉFAILLANCE UNIQUE

La défaillance unique est appliquée de manière déterministe dans l'analyse des scénarios où une agression interne constitue l'initiateur qu'elle déclenche ou non un événement de type PCC et dans l'analyse des agressions internes faisant suite à des événements PCC.

Pour une agression interne indépendante de tout PCC, la défaillance unique appliquée dans l'analyse concerne uniquement les matériels permettant de prévenir et/ou de limiter les conséquences de ces agressions internes et dont le fonctionnement dépend d'un apport d'énergie extérieur (actionnement, mouvement mécanique ou alimentation électrique). Par convention et afin de la distinguer de l'aggravant unique appliqué aux événements PCC, cette défaillance appliquée aux agressions internes est appelée défaillance aléatoire.

Pour les agressions internes résultant d'événements RRC-A ou Accident Grave, la défaillance aléatoire n'est pas prise en compte.

1. Dans ce cas de cumul conventionnel, la défaillance aléatoire ne s'applique pas et la règle d'analyse des PCC consistant à cumuler un MDTE n'est pas prise en compte.
2. Dans ce cas, il s'agit d'un cumul conventionnel entre une agression externe et une agression interne indépendante : séisme + incendie.

Pour les agressions internes induisant un transitoire de type PCC ou résultant d'un PCC, la défaillance unique doit être la plus pénalisante entre l'aggravant unique retenu dans l'analyse PCC et la défaillance aléatoire considérée dans l'analyse agression interne.

La défaillance unique s'applique :

- aux équipements permettant d'atteindre un état sûr ou,
- aux équipements permettant de minimiser les effets de l'agression dans les bâtiments concernés scindés en divisions (par exemple, vannes, registres) ou,
- aux dispositifs permettant de restreindre les effets de l'agression à la zone concernée des bâtiments qui ne sont pas scindés en divisions (par exemple, vannes, registres) si applicable.

2.4. RÈGLES RELATIVES À LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE

L'analyse de sûreté des agressions internes doit tenir compte de la maintenance préventive des systèmes, en fonction du programme de maintenance préventive. Ainsi, de manière générale, un train de sauvegarde est indisponible pendant le fonctionnement en puissance et, un ou plusieurs trains de sauvegarde sont indisponibles pendant les états d'arrêt, dans les situations suivantes :

- Agressions internes (non susceptibles de déclencher un transitoire de type PCC, RRC-A, Accident Grave ou résulter d'un événement PCC, RRC-A ou Accident Grave),
- Agressions internes susceptibles de déclencher un événement de type PCC-2,
- Agressions internes résultant d'un événement PCC-3 ou 4.

Pour les agressions internes résultant d'évènements RRC-A ou Accident Grave, la maintenance n'est pas prise en compte.

2.5. RÈGLES RELATIVES AUX ACTIONS DE L'OPÉRATEUR

Dans les analyses de sûreté des agressions internes, une action manuelle depuis la salle de commande peut être réalisée, au plus tôt, 30 minutes après la première information significative fournie à l'opérateur. Pour une action manuelle en local, c'est à dire hors salle de commande, ce délai est porté à une heure après la première information significative.

2.6. ÉTATS DE TRANCHE À PRENDRE EN COMPTE

Lorsque l'initiateur est l'agression, les conditions initiales sont celles du fonctionnement normal.

Les combinaisons peu probables d'agressions internes et de conditions initiales (par exemple, états de courte durée en régime normal) sont exclues.

Les essais périodiques, de façon générale, ne sont pas considérés comme des scénarios initiateurs d'agression interne.

En référence aux états d'arrêt de la tranche, l'influence des travaux de maintenance sur les systèmes nécessaires pour le contrôle des agressions internes doit être analysée si :

- Le travail de maintenance est une source potentielle d'agressions internes,
- Le travail de maintenance entraîne une disponibilité réduite de ces systèmes.

2.7. MÉTHODES D'ANALYSES

En règle générale, en pratique, du point de vue de l'analyse de sûreté, les agressions internes seront abordées d'une manière déterministe. Si une analyse probabiliste est réalisée pour certaines agressions, celle-ci est mentionnée dans les sections relatives à ces agressions.

De par leurs dommages indirects possibles, les agressions internes ont différents niveaux d'impact sur la tranche. Pour l'analyse, il convient de classer l'agression interne prise en compte dans l'une des catégories répertoriées ci-après.

2.7.1. AGRESSIONS INTERNES (NON SUSCEPTIBLES DE DÉCLENCHER UN TRANSITOIRE DE TYPE PCC, RRC-A, ACCIDENT GRAVE OU DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT PCC, RRC-A OU ACCIDENT GRAVE)

Ce type d'agression n'a aucun impact sur le comportement neutronique et thermo-hydraulique du cœur et du circuit primaire.

Une analyse fonctionnelle est réalisée afin de montrer qu'il est possible d'amener et de maintenir la tranche dans un état sûr malgré l'application d'une défaillance aléatoire (cela se traduit, la plupart du temps, par une simple vérification qu'un nombre suffisant de trains est disponible).

2.7.2. AGRESSIONS INTERNES SUSCEPTIBLES DE DÉCLENCHER UN ÉVÉNEMENT DE TYPE PCC-2

L'analyse doit montrer que la tranche peut être amenée et maintenue dans un état sûr malgré une défaillance unique. Cette défaillance unique doit être la plus pénalisante entre l'aggravant unique considéré dans l'analyse PCC-2 et la défaillance aléatoire considérée dans l'analyse agression interne.

L'analyse fonctionnelle vise à démontrer qu'un nombre suffisant de systèmes nécessaires au contrôle de l'événement de type PCC2 induit reste disponible. Lorsque les hypothèses associées à l'étude du PCC2 ne sont pas remises en cause, l'analyse du transitoire induit par l'agression interne est couverte par l'analyse de l'événement PCC-2. Dans le cas contraire, une analyse spécifique, s'appuyant sur l'utilisation de systèmes permettant de prévenir et/ou de limiter les conséquences des agressions internes doit être réalisée.

2.7.3. AGRESSION INTERNE SUSCEPTIBLE DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT PCC-3/4

Les conséquences thermo-hydrauliques, neutroniques et radiologiques sont traitées dans le cadre de l'analyse de sûreté de l'évènement PCC-3/4 correspondant avec les règles et les critères applicables à cet évènement PCC.

L'analyse de l'agression interne est menée en prenant en compte la défaillance unique la plus pénalisante entre l'aggravant unique considéré dans l'analyse PCC et la défaillance aléatoire considérée dans l'analyse agression interne.

L'objectif de l'analyse de ce type d'agression interne est de montrer que les conditions aux limites pour l'analyse de l'évènement PCC (en considérant son aggravant) sont garanties. Ceci signifie que les systèmes nécessaires pour maîtriser l'évènement PCC ne sont pas affectés de manière inadmissible par l'agression induite. Les systèmes, les composants ou les structures classés de sûreté valorisés dans le cadre de la démonstration de sûreté, doivent être conçus pour supporter les charges inhérentes aux conséquences des agressions internes.

2.7.4. AGRESSION INTERNE SUSCEPTIBLE DE RÉSULTER D'UN ÉVÉNEMENT RRC-A OU ACCIDENT GRAVE

L'objectif de l'analyse de ce type d'agression interne vise à montrer que les conditions aux limites pour l'analyse des événements RRC-A ou Accident Grave sont garanties.

3. AGRESSIONS INTERNES PRISES EN COMPTE

La liste des agressions internes est précisée dans les Directives Techniques (F.1.1) dans la prescription technique INB167-4, pour Flamanville 3 et dans l'arrêté INB.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.0

PAGE 6/6

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

Les agressions internes considérées sont : les émissions de projectiles, les défaillances d'équipements sous pression, les collisions et chute de charge, les explosions, les incendies, les inondations internes, les émissions de substances dangereuses et les Interférences électromagnétiques (cf. section 3.4.1).

Nota : les cumuls plausibles entre les agressions ci-dessus sont abordés, en tant que de besoin, dans les chapitres dédiés aux différentes agressions.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.1

PAGE 1/4

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.4.1 BASES DE CONCEPTION	2
1. RÈGLES GÉNÉRALES	2
2. RÈGLES D'INSTALLATION OU DE CONCEPTION SPÉCIFIQUES SELON LES TYPES DE BÂTIMENTS	2
3. AGRESSIONS INTERNES PRISES EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES SYSTÈMES	3

.3.4.1 BASES DE CONCEPTION

1. RÈGLES GÉNÉRALES

Les règles de conception et d'installation doivent être telles que les agressions internes :

- n'empêchent pas la réalisation des fonctions F1, même si elles ne sont généralement pas nécessaires après un tel événement,
- ne déclenchent pas d'événement de type PCC-3/4 (dans la mesure du possible),
- ne compromettent pas la séparation en divisions.

Ainsi, une agression interne ne doit pas détériorer :

- plus d'une redondance des systèmes F1,
- la stabilité / intégrité :
 - de l'enveloppe du circuit primaire (sauf en cas d'APRP),
 - des internes cuve, y compris les éléments combustibles,
 - de l'enveloppe des lignes vapeur principales et des lignes d'alimentation en eau des GV,
 - de la piscine de combustible et de ses éléments internes, éléments combustibles inclus,
 - des bâtiments classés de sûreté,
 - des composants dont la défaillance est exclue par la conception, par exemple, les tuyaux pour lesquels l'hypothèse d'exclusion de rupture s'applique.

L'habitabilité de la Salle de Commande Principale, ne doit en général pas être détériorée par une agression interne. En cas d'inaccessibilité de celle-ci, l'habitabilité de la station de repli doit être garantie. En outre, l'accessibilité pour réaliser des actions locales doit être garantie, si nécessaire.

En cas d'agression interne résultant d'une situation Accident Grave, les systèmes à utiliser pour la démonstration de sûreté sont autant que raisonnablement possible des systèmes spécialement conçus pour ces événements. L'analyse est menée avec des hypothèses réalistes (il n'est pas nécessaire d'appliquer une défaillance unique). Il convient de démontrer que :

- l'enceinte reste étanche,
- les structures internes de l'enceinte conservent, dans la mesure où cela est nécessaire, leur capacité de support de charge,
- la fonctionnalité des systèmes supports de l'enceinte (par exemple, système de contrôle des gaz combustible (ETY), système d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte (EVU) et l'instrumentation nécessaire sont garanties,
- la création de missiles pouvant mettre en péril la fonction de confinement ou de ces systèmes supports est évitée.

Ceci signifie que les systèmes nécessaires pour contrôler la situation Accident Grave, ne sont pas affectés de manière inadmissible.

2. RÈGLES D'INSTALLATION OU DE CONCEPTION SPÉCIFIQUES SELON LES TYPES DE BÂTIMENTS

Pour l'application de ces règles générales, il convient d'envisager différents types de bâtiments.

Dans les bâtiments classés de sûreté, à l'exception du BAN et du BTE, deux cas sont à prendre en compte en fonction du lieu d'occurrence de l'agression interne. Il s'agit :

- 1) d'une part, des bâtiments séparés en divisions ; il s'agit par exemple des bâtiments de sauvegarde, des bâtiments diesels.
- 2) d'autre part, des bâtiments ou des parties de ces bâtiments qui ne sont pas séparés en divisions ; il s'agit par exemple du bâtiment réacteur.

La protection contre les agressions internes est prise en compte lors de la phase de conception de la tranche, par le biais des règles d'aménagement et/ou de dimensionnement contre les chargements. Ces règles sont adaptées au type de bâtiment.

Dans le premier type de bâtiment, la conception des structures des bâtiments visera à circonscrire les conséquences de l'agression interne dans la division concernée (réduction des interconnexions entre les divisions par des moyens d'isolement ou de découplage).

Pour le second type de bâtiment ou en l'absence de séparation des divisions, les règles d'installation ou de conception doivent garantir qu'une seule redondance, au maximum, pour chaque système F1 est affectée par l'agression interne. Une distinction est faite entre les effets locaux et les effets globaux suite à des agressions internes :

- Les effets locaux sont des effets limités à la zone immédiate d'occurrence du risque. Il s'agit par exemple des forces d'impact de jet, du fouettement de tuyau, de l'incendie,
- Les effets globaux sont par exemple la dégradation des conditions ambiantes, l'inondation. Ces effets peuvent avoir un impact sur de plus grandes zones du bâtiment. Dans tous les cas, ils doivent être restreints, autant que possible, au bâtiment concerné (absence d'effet domino).

Enfin, si l'agression interne survient sur le site, dans un autre bâtiment non classé ou dans le BAN et le BTE, les conséquences de l'agression sont analysées par rapport à l'impact qu'elles peuvent avoir sur les bâtiments classés de sûreté, afin d'éviter toute conséquence inadmissible par des "mesures de découplage".

3. AGRESSIONS INTERNES PRISES EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES SYSTÈMES

Les agressions internes considérées sont les suivantes :

- **Les émissions de projectiles, notamment celle induites par la défaillance de matériels tournants.** Ces problématiques sont traitées dans les chapitres « Missiles » (section 3.4.4) et Groupe turbo-alternateur (paragraphe 4 du sous-chapitre 10.2).
- **Les défaillances d'équipements sous pression.** Ces problématiques sont traitées sous l'angle des fuites et ruptures de tuyauterie (section 3.4.2) et des ruptures de réservoirs, pompes et vannes (section 3.4.3).
- **Les collisions et chute de charge** (voir section 3.4.5).
- **Les explosions** (section 3.4.6).
- **Les incendies** (section 3.4.7).
- **Les inondations internes** (section 3.4.8).
- **Les émissions de substances dangereuses.** La maîtrise des risques associés à ces phénomènes est prise en compte sous deux angles. D'une part par la prévention des événements d'origine interne qui peuvent en être la cause, notamment par l'intermédiaire des référentiels agressions (ex : incendie) ; d'autre part, par la prise en compte de ces phénomènes au travers de la maîtrise des risques d'accident non radiologique et l'organisation de crise pour les effets directs ou indirects sur l'environnement.

- **Les Interférences électromagnétiques.** Les interférences électromagnétiques internes (IEM) sont des phénomènes connus et courants dans le fonctionnement d'une tranche nucléaire. Ces IEM peuvent avoir une source d'origine naturelle comme les décharges électrostatiques, ou dans la plupart des cas, une origine liée à l'activité industrielle humaine et au fonctionnement des appareils et installations de la tranche nucléaire (commutations et manœuvres électriques, appareils électroniques et électriques, moteurs électriques, poste à soudeuse à l'arc...). Les interférences électromagnétiques sont prises en compte sur la base de l'état de l'art dans le domaine lors de la conception. Les éléments importants entrant en jeu dans la maîtrise des IEM internes sont pris en compte dans le cadre des chapitres et documents évoqués ci-dessous. Le chapitre Alimentations électriques (chapitre 8), organise la conception des alimentations électriques des auxiliaires de tranches de manière à réduire les risques IEM liés à la qualité de l'électricité dans la distribution de la tranche. Le chapitre Contrôle Commande (chapitre 7), détaille les principes des systèmes de contrôle commande dans le bâtiment électrique principalement, et dont certains principes de conception permettent de réduire les risques liés aux IEM internes. Le RCC-E version 2005 rassemble les règles d'installation et de conception afin de réduire l'émission de perturbations (D 5300), réduire les interactions entre générateurs et récepteurs de parasites (D 5400) et augmenter l'immunité des matériels (D 5500).

Nota : les cumuls plausibles entre les agressions ci-dessus sont abordés, en tant que de besoin, dans les chapitres dédiés aux différentes agressions.

3.4.2 FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES

3.4.2.0 EXIGENCES DE SURETE

3.4.2.1 BASES DE CONCEPTION

3.4.2.2 ANALYSE DE SURETE

3.4.2.3 EXCLUSION DE RUPTURE DES TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE

3.4.2.4 EXCLUSION DE FUITE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE	3
SECTION	4.2.0
PAGE	1/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.4.2.0 EXIGENCES DE SURETE	2
1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	2
2. EXIGENCES DE PROTECTION CONTRE LES DÉFAILLANCES DE	
TUYAUTERIES	2
2.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	2
2.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES	2
2.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	2

.3.4.2.0 EXIGENCES DE SURETE

1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

Les objectifs de sûreté généraux, pour les agressions internes, sont indiqués à la section 3.4.0.

2. EXIGENCES DE PROTECTION CONTRE LES DÉFAILLANCES DE TUYAUTERIES

2.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

En exploitation, des ruptures et fuites de tuyauteries peuvent apparaître. Il importe dans ce cas de pouvoir arrêter et maintenir en arrêt sûr la tranche.

Lorsque l'on suppose une défaillance de tuyauterie, il faut tenir compte des différents effets de l'événement considéré pour estimer la gravité de l'accident.

2.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES

L'approche de la protection contre les défaillances de tuyauterie est déterministe.

Les objectifs déterministes généraux sont donnés à la section 3.4.0.

2.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

La réglementation applicable est indiquée à la section 3.4.0.

SOMMAIRE

.3.4.2.1 BASES DE CONCEPTION	4
1. HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE	4
1.1. TUYAUTERIES DE PETIT DIAMÈTRE (\leq DN 50)	4
1.2. TUYAUTERIES DE DIAMÈTRE NOMINAL $>$ DN 50	4
1.2.1. FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE (RTHE) CLASSÉES	4
1.2.2. FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE (RTHE) NON CLASSÉES	5
1.3. PRÉVENTION DES RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE (RTHE)	5
1.4. EXIGENCES SPÉCIFIQUES POUR LES ÉTATS D'ARRÊT	6
2. HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE	6
2.1. TUYAUTERIES DE PETIT DIAMÈTRE (\leq DN 50)	6
2.2. TUYAUTERIES DE DIAMÈTRE NOMINAL $>$ DN 50	6
2.2.1. DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE CLASSÉES	6
2.2.2. DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE NON CLASSÉES	7
2.3. PRÉVENTION DES DÉFAILLANCES DE TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE	7
3. EFFETS DE DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIE A PRENDRE EN COMPTE	7
3.1. PRINCIPE DE CONCEPTION DU MATÉRIEL POUR ATTÉNUER LES EFFETS DES RUPTURES DE TUYAUTERIES	9
3.2. TECHNIQUES DE CALCUL	9
4. ANALYSE DES CONSÉQUENCES LOCALES	10
4.1. GÉNÉRALITÉS	10
4.2. BÂTIMENTS À PRENDRE EN COMPTE	11

4.3. EXIGENCES RELATIVES À L'EXCLUSION DES EFFETS INDIRECTS INADMISSIBLES	11
4.4. INTÉGRITÉ DES BARRIÈRES RADIOLOGIQUES	12
4.5. ASSURANCE DU RESPECT DU PRINCIPE D'EXCLUSION DE RUPTURE VIS-À-VIS DES DOMMAGES CONSÉCUTIFS	13
4.6. RÉALISATION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ REQUISES	13
5. ANALYSE DES CONSÉQUENCES GLOBALES	14
5.1. INONDATION	14
5.2. AUGMENTATION DE LA PRESSION, DE LA TEMPÉRATURE, DE L'HUMIDITÉ, DU RAYONNEMENT ET DÉGAGEMENT D'ACIDE BORIQUE	14
5.2.1. CONDITIONS AMBIANTES DÉGRADÉES ET QUALIFICATION DES ÉQUIPEMENTS	14
5.2.2. PRESSION DIFFÉRENTIELLE ET TENUE DU GÉNIE CIVIL	14
6. CUMULS	15
LISTE DES REFERENCES.	16

TABLEAUX :

TAB-3.4.2.1.1 RÉSUMÉ DES HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE POUR LES SYSTÈMES DE TUYAUTERIES À HAUTE ÉNERGIE (LIGNES DONT DN>50).....	17
TAB-3.4.2.1.2 EFFETS D'UNE DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIE (RÉSUMÉ).....	21

FIGURES :

FIG-3.4.2.1.1 DÉFAILLANCES SECONDAIRES POSTULÉES CAUSÉES PAR UN FOUETTEMENT DE CONDUITE	22
--	-----------

.3.4.2.1 BASES DE CONCEPTION

Les définitions des termes utilisés dans ce paragraphe sont disponibles au chapitre 0.

1. HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE

Nota : Lorsque la défaillance de la tuyauterie constitue un transitoire incidentel ou accidentel, les hypothèses de défaillances de tuyauteries sont alors définies au chapitre 15.

1.1. TUYAUTERIES DE PETIT DIAMÈTRE (\leq DN 50)

Type et localisation des défaillances

Pour les tuyauteries de diamètre nominal inférieur ou égal à DN50, il n'y a aucune restriction en ce qui concerne les hypothèses de défaillance, autrement dit les ruptures peuvent se produire en différents points de la tuyauterie.

Effets des défaillances

Du fait du potentiel énergétique relativement faible, les effets de la rupture sont analysés uniquement du point de vue :

- de la perte de la fonction assurée par la tuyauterie défaillante et le circuit associé,
- des défaillances engendrées sur les câbles ou les tuyauteries de petit diamètre dues aux forces d'impact du jet et au fouettement de tuyauterie,
- des défaillances engendrées sur le matériel électrique et de contrôle-commande dues à la montée en pression, à l'humidité, à la température et à l'irradiation,
- des forces de pression différentielle liée à l'accumulation de pression,
- des inondations.

1.2. TUYAUTERIES DE DIAMÈTRE NOMINAL $>$ DN 50

Ce paragraphe ne s'applique pas aux tuyauteries pour lesquelles l'hypothèse d'exclusion de rupture est considérée (voir section 3.4.2.3).


Un résumé des hypothèses de défaillance des tuyauteries Haute Energie de diamètre nominal supérieur à DN50 est présenté au tableau [TAB-3.4.2.1.1](#).

1.2.1. FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ENERGIE (RTHE) CLASSÉES

Type et localisation des défaillances

Les fuites et ruptures guillotines sont prises en considération sur les tuyauteries de niveau de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2). Les ruptures longitudinales sont également considérées pour les éventuelles tuyauteries présentant une soudure longitudinale.

Ces défaillances sont présumées se produire aux endroits suivants :

- aux extrémités des tuyauteries,
- pour les tuyauteries de niveau de qualité Q1 :

- pour les tuyauteries de niveau de qualité Q2 et Q3 :



Au titre de la défense en profondeur, il est vérifié si ces emplacements de fuite et de rupture représentent des conditions enveloppes par rapport aux fonctions de sûreté remplies par les matériels situés dans le local considéré. Pour cette vérification, qui peut être réalisée sur la base d'hypothèses réalistes (en particulier sans considérer d'aggravant ni de maintenance préventive), des défaillances de tuyauteries localisées en des points quelconques sont considérées de façon à pénaliser les conséquences induites par l'agression. Si des zones sensibles sont détectées, des mesures supplémentaires doivent être prises (par ex. : installation, analyse, dispositifs de protection).

La taille de la brèche est généralement supposée égale à 2A (A = section transversale de la tuyauterie) en cas de rupture guillotine. Si le déplacement des extrémités de la tuyauterie est limité (par ex. par un dispositif anti-fouettement ou du fait de la rigidité de la tuyauterie), une taille de brèche réaliste plus petite peut être choisie. Cette restriction de l'hypothèse concernant la taille de brèche associée à une rupture guillotine sera justifiée au cas par cas.

Effets des défaillances

En principe, tous les effets indiqués au § 4. doivent être envisagés pour les fuites et les ruptures ainsi que la perte de la fonction assurée par la tuyauterie défaillante et le circuit associé.

1.2.2. FUTES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ENERGIE (RTHE) NON CLASSÉES

Type et localisation des défaillances

Les fuites, les ruptures guillottes et les ruptures longitudinales sont prises en considération.

Pour les tuyauteries qui ne sont pas de niveau de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2), on postule que les défaillances peuvent se produire en tout point de la tuyauterie.

Effets des défaillances

Généralement, tous les effets mentionnés au § 4. sont envisagés ainsi que la perte de la fonction assurée par la tuyauterie défaillante et le circuit associé.

Par principe, on limite autant que possible l'installation de tuyauteries Haute Energie qui ne sont pas de niveau de qualité Q1 à Q3 dans les bâtiments classés de sûreté (à l'exception du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires).

1.3. PRÉVENTION DES RUPTURES DE TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE (RTHE)

Les ruptures de tuyauteries Haute Energie peuvent être exclues dans l'approche déterministe lors de la conception des équipements et des structures environnantes si certaines exigences spécifiques sont respectées. Ce concept repose sur les exigences suivantes :

1) Exclusion de rupture

Les conditions à remplir pour considérer que la rupture d'une tuyauterie est hautement improbable sont détaillées à la section 3.4.2.3.



2) Critère 2 %

Le critère 2 % peut être appliqué aux tuyauteries .

La justification du critère 2 % est basée sur :



1.4. EXIGENCES SPÉCIFIQUES POUR LES ÉTATS D'ARRÊT

En ce qui concerne les états d'arrêt, une attention particulière est accordée respectivement aux circuits qui sont utilisés en mode Haute Energie uniquement pendant ces états et présentent alors un risque accru de défaillance, ainsi qu'aux circuits qui restent en conditions Haute Energie pendant les états d'arrêt.

Des ruptures de tuyauteries de diamètre nominal inférieur ou égal à DN50 sont postulées pendant les états B et C (fonctionnement Haute Energie) pour le circuit primaire et les lignes qui y sont connectées jusqu'à la deuxième vanne d'isolement (c'est-à-dire RCC-M Niveau 1).

Au-delà de la deuxième vanne d'isolement du circuit primaire, les trains du circuit RIS/RA qui remplissent la fonction de refroidissement du réacteur à l'arrêt en circuit fermé sont en mode Haute Energie uniquement à partir de la température de \square °C (température de mise en service de la fonction) et jusqu'à ce que la pression du circuit primaire descende en dessous de \square bars et la température en dessous de \square °C. La température de connexion pour les trains RIS/RA des divisions 2/3 est inférieure à \square °C. Bien que les tuyauteries RIS/RA soient exploitées en tant que systèmes Haute Energie, sur des périodes de service inférieures ou égales à 2 % de la vie de la tranche, le critère des 2% n'est pas valorisé : les ruptures des lignes principales de ces portions de tuyauterie (DN 250) à l'intérieur de l'enceinte de confinement et dans les bâtiments de sauvegarde 1 à 4 dans les états C et D du réacteur sont étudiées en tant que rupture de tuyauteries Haute Energie.

2. HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE

Nota : Lorsque la défaillance de la tuyauterie constitue un transitoire incidentel ou accidentel, les hypothèses de défaillances de tuyauteries sont alors définies au chapitre 15.

2.1. TUYAUTERIES DE PETIT DIAMÈTRE (\leq DN 50)

Type et localisation des défaillances

Pour les tuyauteries de diamètre nominal inférieur ou égal à DN 50, il n'y a aucune restriction en ce qui concerne les hypothèses de défaillance, autrement dit les fuites et ruptures sont considérées et peuvent se produire en tout point de la tuyauterie.

Effets des défaillances

Les effets des fuites ou des ruptures ne sont à prendre en compte que pour l'inondation, les risques d'irradiation et la perte de la fonction assurée par la tuyauterie et le circuit associé.

2.2. TUYAUTERIES DE DIAMÈTRE NOMINAL $>$ DN 50

2.2.1. DÉFAILLANCE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE CLASSÉES

Ce paragraphe ne s'applique pas aux tuyauteries pour lesquelles l'hypothèse d'exclusion de fuite est considérée (voir section 3.4.2.4).

Type et localisation des défaillances

Pour les tuyauteries Moyenne Energie de niveau de qualité Q1 à Q3 de diamètre nominal supérieur à DN50 (voir section 3.6.2), seules des fuites sont postulées.

Elles sont aux points où le taux de contraintes, calculé selon les équations (10) et (7) des paragraphes C ou D 3650 du RCC-M, est supérieur ou égal à $0,4.(1,2.Sh+SA)$.

Au titre de la défense en profondeur, il est vérifié si ces emplacements de fuite représentent des conditions enveloppes par rapport aux fonctions de sûreté remplies par les matériels situés dans le local considéré. Pour cette vérification, qui peut être réalisée sur la base d'hypothèses réalistes (en

particulier sans considérer d'aggravant ni de maintenance préventive), des défaillances de tuyauteries localisées en des points quelconques sont considérées de façon à pénaliser les conséquences induites par l'agression. Si des zones sensibles sont détectées, des mesures supplémentaires doivent être prises (par ex. : installation, analyse, dispositifs de protection).

La surface de la fuite équivaut à une section A_L , calculée à l'aide de la formule suivante :

$$A_L = \frac{d_i \times s}{4}$$

où d_i : diamètre intérieur de la tuyauterie

s : épaisseur de la paroi de la tuyauterie

Effets des défaillances

Les effets des fuites ne sont à prendre en compte que pour l'inondation, les risques d'irradiation et la perte de la fonction assurée par la tuyauterie et le circuit associé.

2.2.2. DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE NON CLASSÉES

Type et localisation des défaillances

Pour les tuyauteries Moyenne Energie qui ne sont pas de niveau de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2), il n'y a généralement pas de limite concernant la taille (jusqu'à la rupture) et la localisation des défaillances. Mais, sur la base d'une évaluation du matériel et de sa robustesse, du fluide, des inspections en service, des contraintes et des mécanismes d'endommagement possibles, des restrictions des hypothèses de défaillance peuvent être appliquées au cas par cas, si nécessaire.

Effets des défaillances

Les effets des fuites ou des ruptures ne sont à prendre en compte que pour l'inondation, les risques d'irradiation et la perte de la fonction associée à la tuyauterie.

2.3. PRÉVENTION DES DÉFAILLANCES DE TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE

Les défaillances de tuyauteries Moyenne Energie peuvent être exclues dans l'approche déterministe lors de la conception des équipements et des structures environnantes si certaines exigences spécifiques sont respectées.

Les conditions à remplir pour considérer que la défaillance d'une tuyauterie Moyenne Energie est hautement improbable sont détaillées à la section 3.4.2.4.

3. EFFETS DE DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIE A PRENDRE EN COMPTE

Un résumé des effets de défaillance de tuyauterie est fourni dans le tableau [TAB-3.4.2.1.2](#).

Lors de la conception et l'installation des structures et des composants mécaniques, électriques et de contrôle-commande classés de sûreté, les effets suivants sont pris en compte :

Pour les défaillances de tuyauteries Haute Energie :

- Les forces d'effet de jet,
- Le fouettement de tuyauterie,
- Les forces de réaction,

- Les forces d'onde de pression,
- Les forces de débit,
- Les forces de pression différentielle,
- L'accumulation de pression,
- L'humidité,
- La température,
- L'irradiation,
- L'inondation.

Pour les défaillances de tuyauteries Moyenne Energie :

- L'inondation,
- L'irradiation.

Forces d'effet de jet, fouettement de tuyauterie

Les conséquences des forces d'effet de jet, c'est à dire la poussée du jet de vapeur ou d'eau qui s'échappe à la brèche, et de fouettement de tuyauterie qui peuvent avoir un impact les composants mécaniques, électriques et de contrôle-commande classés sûreté avoisinants sont prises en compte lors de la conception. Les charges sur les structures de bâtiments sont également prises en compte.

Les forces d'effet de jet sont considérées comme négligeables au-delà d'une certaine distance pour les jets diphasiques associés à la rupture d'une tuyauterie véhiculant un fluide à une température supérieure à 100°C. Un critère dépendant du diamètre nominal de la tuyauterie ruptée peut être utilisé.

De plus, le fouettement d'une tuyauterie Haute Energie suite à une rupture peut être limité si cette tuyauterie est reliée à un composant ne constituant pas une réserve d'énergie suffisante pour engendrer le fouettement. Ce point s'applique particulièrement si la source de pression est telle qu'elle ne permet pas d'obtenir de vitesses d'écoulement importantes. C'est le cas notamment des tuyauteries pleines d'eau sous pression à une température inférieure à 100°C dont la pression est assurée par une pompe ou séparées de la réserve d'énergie par un clapet.

Forces de réaction

Les forces de réaction sont des forces contrebalançant les efforts causés par le fluide s'échappant via la fuite et / ou causés par la pression du fluide à l'endroit de la rupture et agissant sur la surface de la brèche de la tuyauterie défaillante. Les forces de réaction sont prises en compte pour la conception des équipements classés sûreté, des supports d'équipements, des ancrages de support et les structures de bâtiments connexes si cela est nécessaire à la démonstration de sûreté.

Forces d'onde de pression, forces de débit

Les composants classés sûreté et leurs équipements internes (par exemple, les équipements internes de la cuve, les tubes de générateur de vapeur) situés dans les systèmes pris en compte sont conçus contre les forces de débit résultant des fuites et des ruptures postulées. En cas de conditions de purge transitoires, les forces d'onde de pression y compris les éventuels coups de bélier, sont également pris en compte.

Les forces d'onde de pression (plus exactement, onde de décompression) sont des forces agissant sur les portions de tuyauteries entre deux coudes et associées à l'onde de dépressurisation transmise via le fluide et partant de part et d'autre du point de rupture.

Forces de pression différentielle, accumulation de pression

En cas de fuite ou de rupture postulée d'une tuyauterie Haute Energie contenant de l'eau ou de la vapeur à une température supérieure ou égale à 100°C, la masse et l'énergie sont libérées dans le

bâtiment. En partant du local où se situe la rupture, le fluide est dispersé vers les autres locaux ou autres compartiments reliés. Les pressions différentielles surviennent à cause de restrictions du débit entraînant des charges additionnelles sur les structures dans les bâtiments classés sûreté. En outre, l'accumulation de pression est prise en compte pour les bâtiments classés sûreté à l'exception du BAN et du BTE où seule la rétention par le cuvelage du bâtiment est l'exigence requise (voir tableau 3.5.0 TAB 2 et § 5.2.).

L'accumulation de pression dans les locaux est également prise en compte lors de la conception et l'installation des composants électriques et de contrôle-commandes classés sûreté.

Humidité, température, irradiation

Ces effets sont abordés au § 5.2. et au sous-chapitre 3.7.

Inondation

Cet effet est détaillé à la section 3.4.8.

3.1. PRINCIPE DE CONCEPTION DU MATÉRIEL POUR ATTÉNUER LES EFFETS DES RUPTURES DE TUYAUTERIES

Des dispositifs dédiés peuvent être utilisés pour limiter le fouettement associé à une rupture de tuyauterie Haute Energie. Ces dispositifs agissent comme un bridage sur la tuyauterie en mouvement. Ils sont considérés comme des interfaces liées à la sûreté entre les tuyauteries et le génie civil (voir paragraphe 1 du sous-chapitre 1.8).

Des dispositifs peuvent également être utilisés pour se protéger de l'effet de jet (pare-jet).

Deux types de bridages sont fournis pour atténuer le fouettement de tuyauteries en cas de rupture quand cela est nécessaire :

- 1) Bridages à jeu important (dispositifs anti-fouettements et dispositifs écrasables)
Les dispositifs anti-fouettements sont constitués d'une série d'épingles en U montées sur un bâti et entourant la tuyauterie Haute Energie (sans contact). Les épingles permettent d'absorber l'énergie de la tuyauterie en fouettement dans leur déformation élasto-plastique (allongement). L'utilisation de dispositifs écrasables pour protéger les structures de génie civil du fouettement est également possible. Ils sont généralement composés de cylindres percés qui permettent d'absorber l'énergie de la tuyauterie en fouettement par l'écrasement de ces éléments.
- 2) Bridages à jeu restreint (dispositifs anti-débattements ou points fixes)
Les bridages à jeu restreint sont installés lorsque d'importants mouvements de tuyauteries autorisés par des bridages à jeu important ne peuvent être tolérés. Les points fixes anti-ruptures constituent également des bridages à jeu restreint (le jeu est alors nul). Pour ces dispositifs, une analyse statique avec la méthode du facteur de charge est utilisée. La force exercée sur le bridage suite à la rupture est considérée comme étant égale à la charge de poussée du jet multipliée par un facteur de charge dynamique. Un facteur de charge dynamique de 2 est suffisamment conservatif et est généralement utilisé.
Ces bridages sont conçus pour des usages uniques. L'écart minimum entre les bridages et la surface de la tuyauterie comprend les mouvements thermiques (dilatation) et l'épaisseur de l'isolant (calorifuge) sauf pour les points fixes.

3.2. TECHNIQUES DE CALCUL

L'analyse des ruptures de tuyauteries à Haute Energie peut être réalisée selon une méthode dynamique adaptée (analyse de fouettement de tuyauterie) ou par une procédure simplifiée, pour vérifier l'intégrité des principaux composants des bridages et des principaux ouvrages civils, et pour éviter des ruptures secondaires provenant d'une tuyauterie rompue après une rupture initiale de tuyauterie. Les différentes méthodes acceptables pour une telle approche analytique pour l'évaluation de la réponse de la tuyauterie peuvent, par exemple, être tirées de la norme américaine ANSI/ANS-58.2-1988 (Réf [2]).

La force de poussée du jet pour chaque rupture de tuyauterie postulée est déterminée par une fonction à régime permanent. La force de poussée est :

$$T = K \cdot P \cdot A$$

Où :

T = force de poussée du jet,

P = pression du système avant la rupture de la tuyauterie (pression nominale relative),

A = aire de brèche (section transversale de la tuyauterie),

K = coefficient de poussée.

La valeur de K est dépendante de la nature du fluide contenu dans le circuit.

En l'absence d'analyse détaillée, on pourra retenir $K=1$ pour de la vapeur et $K=0,5$ pour un fluide monophasique incompressible ou pour un fluide diphasique avec changement d'état au niveau du jet. Des valeurs moins pénalisantes pourront être évaluées si nécessaire.

4. ANALYSE DES CONSÉQUENCES LOCALES

4.1. GÉNÉRALITÉS

L'analyse des effets indirects est réalisée en prenant en compte les hypothèses de fuites et de ruptures sur les systèmes à Haute Energie, telles que définies à la [§ 2.](#)

Les effets locaux se répartissent, d'une part, en forces causées par les ondes de pression et en forces de débit accru dans le système affecté et, d'autre part, en effets agissant dans l'environnement autour du point de rupture :

- Les effets d'ondes de pression et les effets sur les circuits dus à l'accroissement du débit ;
- Forces d'impact du jet ;
- Forces de réaction ;
- Fouettement de tuyauterie.

En outre, les effets de l'aspersion due à des défaillances des circuits Moyenne Energie sont étudiés pour les composants électriques et les composants contrôle-commande, dans la mesure où des conséquences sûreté inadmissibles sont possibles. Les mesures de protection de ces composants sont décrites sous formes de règles conventionnelles.

Les forces causées par les ondes de pression et les forces de débit accru ne sont significatives qu'en cas de rupture brutale ou d'aire de brèche importante et ne doivent, de ce fait, être considérées que pour les ruptures complètes. Sur la base de ces considérations, on doit calculer les forces sur les structures internes des composants connectés au système fluide (par exemple les forces sur les équipements internes de la cuve du réacteur en cas de rupture d'une des lignes connectées au circuit primaire). En outre, les forces causées par les ondes de pression génèrent des efforts sur les supports des tuyauteries qui sont prises en compte dans le cadre de l'analyse des forces de réaction si cela est nécessaire à la démonstration de sûreté. Elles sont également prises en considération dans la qualification des organes d'isolement à la Rupture de Tuyauterie Haute Energie (RTHE) telle que décrite au sous-chapitre 3.7.

Les forces d'impact du jet doivent être considérées, en cas de ruptures et de fuites, vis-à-vis des effets consécutifs sur les systèmes, les composants et les structures avoisinants. Les charges résultantes doivent être prises en compte en prouvant que les charges sont couvertes par la conception ou en fournissant des mesures de protection appropriées si cela est nécessaire à la démonstration de sûreté. Celles-ci sont, par exemple, le blindage ou des supports additionnels.

Les forces de réaction dues à des fuites ou à des ruptures agissent sur les supports des tuyauteries concernées et elles doivent être prises en compte pour le calcul de ces supports si cela est nécessaire à la démonstration de sûreté.

Le fouettement de tuyauteries doit être pris en compte, en cas de ruptures, quant aux possibles effets consécutifs sur les systèmes, les composants et les structures avoisinants.

Concernant les conséquences sur d'autres tuyauteries, nous partons du principe que, pour le fouettement de tuyauterie :

- Des ruptures induites peuvent survenir dans des tuyauteries d'un diamètre nominal inférieur à celui de la tuyauterie en fouettement ;
- Des fuites induites peuvent survenir dans des tuyauteries de diamètre nominal supérieur ou égal et d'épaisseur inférieure à celle de la tuyauterie en fouettement.

Les hypothèses de défaillances indirectes pour l'analyse des conséquences locales associées au fouettement sont illustrées sur la figure [FIG-3.4.2.1.1](#).

4.2. BÂTIMENTS À PRENDRE EN COMPTE

Les effets locaux des défaillances de tuyauteries à Haute Energie sur les bâtiments classés de sûreté suivants doivent être analysés pour :

- Le bâtiment réacteur ;
- Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (y compris les locaux des vannes vapeur et d'eau alimentaire) ;
- Le bâtiment combustible ;
- Les bâtiments diesels¹ ;
- Le bâtiment des auxiliaires nucléaires ;
- Le bâtiment de traitement des effluents ¹ ;
- La station de pompage ¹ ;
- L'ouvrage de rejet ¹ ;
- Les galeries classées ¹.

4.3. EXIGENCES RELATIVES À L'EXCLUSION DES EFFETS INDIRECTS INADMISSIBLES

Des exigences doivent être définies afin d'analyser l'admissibilité des effets locaux sur les systèmes voisins en cas de défaillance sur une tuyauterie Haute Energie. Ces exigences sont basées sur les concepts de base suivants :

- En cas de perte de réfrigérant primaire, l'intégrité de l'enceinte et des portions de tuyauteries au voisinage des traversées de l'enceinte ainsi que le fonctionnement des vannes d'isolement de l'enceinte doivent être garantis afin d'éviter tout dégagement de radioactivité à l'extérieur de l'enceinte ;
- Les systèmes nécessaires pour arrêter le réacteur, maintenir la sous-criticité et évacuer la puissance résiduelle ne doivent pas être affectés de manière inadmissible par une défaillance de tuyauterie ;
- Une défaillance consécutive de lignes de mesure de petit diamètre ou des câbles important pour la sûreté est admissible si les actions en résultant ne sont pas nocives à la sûreté ou si les organes considérés rejoignent une position sûre. Sinon des analyses détaillées de défaillance doivent être réalisées ;

1. Lié principalement à la présence de circuits de gaz dans le bâtiment.

- En règle générale, les mêmes exigences de protection doivent être appliquées aux systèmes supports des systèmes classés de sûreté qu'aux systèmes classés sûreté eux-mêmes.

Ces exigences conduisent, le cas échéant, à des dispositions adaptées d'installation des circuits vis-à-vis des tuyauteries Haute Energie.

Quand une de ces exigences ne peut être appliquée, une analyse fonctionnelle est menée pour s'assurer de l'atteinte des objectifs de sûreté fixés et déterminer l'acceptabilité du scénario.

4.4. INTÉGRITÉ DES BARRIÈRES RADIOLOGIQUES

En cas de défaillance des tuyauteries, l'intégrité d'au moins une des barrières suivantes est requise :

- L'enveloppe du circuit primaire principal, y compris les tubes des générateurs de vapeur ;
- L'enceinte.

Enveloppe circuit primaire principal (CPP)

Les vannes d'isolement du circuit primaire doivent être situées le plus près possible² du circuit primaire principal.

Afin d'éviter tout APRP consécutif en cas de défaillance postulée sur les tuyauteries connectées au circuit primaire principal des moyens de protection (par ex. points fixes) doivent être prévus.

La protection du CPP n'est pas la dernière ligne de défense et de ce fait cette protection doit être envisagée comme une contribution à une défense plus approfondie.

En cas de défaillances des tuyauteries non connectées au CPP, par exemple défaillances des tuyauteries vapeur principales ou tuyauteries d'eau alimentaire principales, l'isolement du circuit primaire doit rester fonctionnel afin de garantir l'intégrité du CPP.

Enceinte

Lorsque la fonction de confinement est requise (dégagement de réfrigérant primaire dans l'enceinte), l'intégrité des portions de tuyauteries allant des traversées de l'enceinte jusqu'aux vannes d'isolement enceinte (vannes d'isolement enceinte incluses), doit être assurée. Les traversées enceinte et la fonction isolement de l'enceinte sont respectivement détaillées à la section 3.5.2 et à la section 6.2.3.

Les vannes d'isolement de l'enceinte doivent rester fonctionnelles.

Pour les tuyauteries pénétrant dans l'enceinte, les défaillances postulées entre la vanne d'isolement et le point fixe situé au-delà de cette vanne nécessitent la protection :

- De l'enceinte ;
- Des portions de tuyauteries entre l'enceinte et les vannes d'isolement internes et externes, les points fixes au-delà des vannes d'isolement et les vannes d'isolement elles-mêmes ;
- De l'alimentation et les connexions de contrôle-commande des vannes d'isolement.

Cependant si la défaillance (initiateur) survient entre les vannes d'isolement ou à proximité, seul un isolement est perdu. Dans ce cas, il convient de se fier au fait que la traversée elle-même réalise la fonction de confinement, tout comme la portion de conduite à l'extérieur de l'enceinte, qui doit rester étanche, c'est à dire qu'il n'y aura pas de propagation du dommage à travers la pénétration enceinte.

2. Il est impératif de disposer d'une distance minimale afin d'éviter des dégâts potentiels résultant de contraintes thermo-hydrauliques.

Les vannes d'isolement de l'enceinte doivent se situer le plus près possible³ de l'enceinte.

Afin d'éviter la pressurisation de l'espace entre enceintes, les traversées enceinte des tuyauteries à Haute Energie contenant un fluide à une température supérieure ou égale à 100°C seront équipées de moyens de protection (par exemple, une double enveloppe).

4.5. ASSURANCE DU RESPECT DU PRINCIPE D'EXCLUSION DE RUPTURE VIS-À-VIS DES DOMMAGES CONSÉCUTIFS

Des ruptures sont exclues pour certains systèmes à Haute Energie (voir section 3.4.2.3 sur l'exclusion de rupture sur les tuyauteries Haute Energie).

Les dommages consécutifs résultant d'autres évènements ne surviendront pas sur ces systèmes quand le principe d'exclusion de rupture est appliqué. Les locaux □ des BAS/BL des divisions 1 et 4, ne sont ainsi concernés que par la rupture des by-pass des Vannes d'Isolement Vapeur (VIV).

4.6. RÉALISATION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ REQUISES

En principe, ces fonctions doivent être garanties par des moyens redondants séparés, soit par une séparation en divisions ou par des structures en béton pour les zones sans divisions. Certaines exigences spécifiques d'installation sont détaillées ci-dessous.

- Afin de respecter le critère de défaillance unique pour les trains RIS nécessaires, l'APRP doit être limité à une branche (chaude ou froide) d'une boucle. En outre, les tuyauteries RIS qui n'injectent pas dans la brèche doivent rester intactes ;
- Ceci concerne également les dommages consécutifs occasionnés aux lignes d'aspersion du pressuriseur (connectées à la branche froide de la boucle 2 ou 3). Mais la rupture d'une ligne d'aspersion pourrait entraîner un APRP via la branche chaude (connexion de la ligne d'expansion du pressuriseur) et la branche froide (connexion de la ligne d'aspersion connectée la boucle 2 ou 3). Ces cas sont couverts par les analyses des fuites et des ruptures sur la branche froide ;
- En règle générale, l'installation des tuyauteries doit être réalisée de manière à éviter des défaillances consécutives du circuit secondaire en cas de défaillance du circuit primaire et vice-versa ;
- La fonction d'isolement du côté secondaire doit être assurée de manière à isoler le générateur de vapeur affecté en cas de défaillance du circuit de vapeur principale ou du circuit d'eau alimentaire et pour toutes les autres fuites non isolables du côté secondaire ;
- L'isolement de la tuyauterie affectée en cas de défaillance isolable dans les lignes connectées aux générateurs de vapeur doit être assuré (par exemple par des points fixes qui protègent les vannes d'isolement) ;
- Une défaillance d'une tuyauterie du circuit secondaire ne doit pas entraîner de dépressurisation simultanée des deux générateurs de vapeur, à moins qu'il soit possible de démontrer que cela est acceptable d'un point de vue de sûreté.
- Les défaillances indirectes entre les lignes de vapeur et les lignes d'eau alimentaire d'un même générateur de vapeur doivent être évitées.
- Des défaillances inadmissibles sur le système EVU doivent être exclues par des dispositions d'installation appropriées.

Quand une des règles ci-avant ne peut être appliquée, une analyse fonctionnelle est menée pour s'assurer de l'atteinte des objectifs de sûreté fixés et déterminer l'acceptabilité du scénario.

3. Pour le système RIS, les secondes vannes d'isolement du circuit primaire sont également des vannes d'isolement l'enceinte. Elles sont placées dans des locaux vannes dédiés qui sont situés entre le voile de protection des boucles primaires et l'enceinte.

5. ANALYSE DES CONSÉQUENCES GLOBALES

5.1. INONDATION

En cas de rupture avec fouettement endommageant une autre tuyauterie, les émissions totales de fluide doivent rester dans les limites des analyses des effets globaux.

(Voir section 3.4.8).

5.2. AUGMENTATION DE LA PRESSION, DE LA TEMPÉRATURE, DE L'HUMIDITÉ, DU RAYONNEMENT ET DÉGAGEMENT D'ACIDE BORIQUE

5.2.1. CONDITIONS AMBIANTES DÉGRADÉES ET QUALIFICATION DES ÉQUIPEMENTS

La défaillance d'une tuyauterie transportant un fluide à une température supérieure à 100°C doit faire l'objet d'une étude prenant en compte les conditions d'ambiance associées et leurs propagations dans les bâtiments classés sûreté.

Les cas représentatifs doivent être déterminés pour les bâtiments classés de sûreté cités ci-dessous. Les systèmes et les composants nécessaires pour atteindre les objectifs de sûreté devront être conçus de manière à rester fonctionnels en cas d'événement entraînant ces conditions ambiantes dégradées.

Les bâtiments suivants doivent être analysés par rapport aux effets de pression, de température, et d'humidité :

- Le bâtiment réacteur ;
- Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde y compris les locaux des vannes vapeur et d'eau alimentaire ;
- Le bâtiment combustible.

La qualification des équipements électriques et de contrôle commande concernés doit être réalisée de manière à ce que les conditions ambiantes dégradées résultant des défaillances postulées puissent être supportées même en fin de la durée de vie de la tranche (prise en compte du vieillissement).

Concernant les autres bâtiments, les systèmes et les composants classés de sûreté peuvent subir des défaillances à cause de conditions ambiantes dégradées, si les systèmes qui causent ces conditions sont situés dans ces bâtiments.

La propagation des conditions ambiantes dégradées depuis des bâtiments non classés de sûreté ou depuis le bâtiment des auxiliaires nucléaires vers les bâtiments classés de sûreté doit être évitée par des mesures appropriées.

Les effets globaux dus au rayonnement et au dégagement d'acide borique doivent être évalués pour les systèmes et les composants requis. Une qualification de ces composants contre l'irradiation et l'acide borique est nécessaire à l'intérieur de l'enceinte. Elle est décrite dans le RCC-E.

La qualification des équipements est détaillée au sous-chapitre 3.7.

Concernant la détection de fuites et les périodes pour la mise en œuvre des contre-mesures, elles sont traitées au paragraphe 2 de la section 3.4.8).

5.2.2. PRESSION DIFFÉRENTIELLE ET TENUE DU GÉNIE CIVIL

Les forces causées par les différences de pression doivent être prises en compte pour la tenue des structures des bâtiments cités dans le paragraphe précédent (voir le § 5.2.1.) en cohérence avec le type de circuit Haute Energie qu'ils abritent (c'est-à-dire un circuit véhiculant un fluide à une température supérieure à 100°C).

6. CUMULS

Les règles générales applicables pour l'inventaire des cumuls des agressions internes et externes sont décrites dans la section 3.4.0.

Un lien de causalité est envisagé avec les agressions suivantes, dans le sens où ces agressions pourraient engendrer une défaillance de tuyauteries :

- Séisme (y compris «séisme évènement» qui couvre les impacts indirects) : un séisme peut endommager plusieurs tuyauteries. Ce risque est couvert par le classement sismique des matériels exigé en base pour l'analyse de sûreté (voir section 3.3.2 qui renvoie au sous-chapitre 3.2).

Et une défaillance de tuyauteries pourrait engendrer les agressions suivantes :

- Explosion interne (agression induite) : les effets de fouettement des RTHE peuvent affecter un système en gaz explosif (voir section 3.4.6),
- Inondation interne (agression induite) : une défaillance de tuyauterie en eau ou en vapeur peut engendrer une inondation interne. Une RTHE peut également induire par l'effet de fouettement sur un système en eau une inondation induite supplémentaire (voir section 3.4.8),

Aucun cumul d'agression externe ou interne ou d'un évènement initiateur (de type PCC), avec une défaillance indépendante de tuyauterie n'est considéré.

LISTE DES REFERENCES

[1] RCC-M (voir sous-chapitre 1.6)

[2] ANSI/ANS 58.2 – 1988 : Design basis for protection of light water nuclear power plants against the effect of postulated pipe rupture

TAB-3.4.2.1.1 RÉSUMÉ DES HYPOTHÈSES DE DÉFAILLANCE POUR LES SYSTÈMES DE TUYAUTERIES À HAUTE ÉNERGIE (LIGNES DONT DN>50)

Système	Section Système Respectivement Ligne	RCC-M (Réf [1])	Hypothèses de défaillance		Remarque
		Classement	Ruptures	Fuites	
Système primaire	Lignes primaires principales	C	-	X	Les charges locales dues aux fuites sont pratiquement négligeables pour la conception ; pour les hypothèses additionnelles voir paragraphe 2 de la section 3.4.2
Circuit de vapeur principal	Lignes de vapeur principales depuis GV vers les points fixes de l'enceinte	C	-	X	Les charges locales dues aux fuites sont pratiquement négligeables pour la conception ; pour les hypothèses additionnelles voir paragraphe 2 de la section 3.4.2
	Lignes de vapeur principales des points fixes de l'enceinte jusqu'aux points fixes en aval des vannes d'isolement vapeur principales.	C	-	X	Les charges locales dues aux fuites sont pratiquement négligeables pour la conception
	Lignes de vapeur principales en aval de la section susmentionnée	NC	X	X	
	Lignes de décharge de vapeur principales en aval des soupapes de sûreté et des vannes d'isolement de détente	C	-	X	Critère 2% : fuite de débit équivalent à la rupture d'une tuyauterie de DN 50
	Lignes de réchauffage	C	X	X	
Circuit d'eau alimentaire	Lignes d'eau alimentaire depuis les GV vers les vannes d'isolement d'eau alimentaire	C	X	X	

C = Classé / NC = Non Classé

Système	Section Système Respectivement Ligne	RCC-M (Réf [1]) Classement	Hypothèses de défaillance		Remarque
			Ruptures	Fuites	
Systeme d'eau alimentaire	Lignes d'eau alimentaire, de démarrage et d'arrêt en amont des vannes d'isolement d'eau alimentaire	NC	X	X	
Systeme pressuriseur	Ligne d'expansion	C	X	X	
	Lignes d'aspersion du pressuriseur	C	X	X	
	Ligne de déchargement du pressuriseur	C	-	X	Critère 2% : fuite de débit équivalent à la rupture d'une tuyauterie de DN 50
Injection de Sûreté / Réfrigération du Réacteur à l'arrêt	Lignes entre les tuyauteries primaires principales et la première vanne d'isolement	C	X	X	
	Lignes entre la première vanne d'isolement et la seconde vanne d'isolement	C	X	X	
	Lignes d'injection d'accumulateur entre l'accumulateur et la seconde vanne d'isolement vers les tuyauteries primaires principales	C	X	X	
	Autres lignes du RIS/RRA (au delà de la seconde vanne d'isolement vers les tuyauteries primaires principales)	C	X	X	

C = Classé / NC = Non Classé

Système	Section Système Respectivement Ligne	RCC-M (Réf [1]) Classement*	Hypothèses de défaillance		Remarque
			Ruptures	Fuites	
Système de contrôle chimique et volumétrique avec injection d'étanchéité des joints pour les pompes primaires	Sections de tuyaux haute énergie Lignes d'injection des pompes RCV vers les lignes principales de réfrigérant primaire, le pressuriseur et les pompes primaires Ligne de décharge du circuit primaire principale vers la vanne de détente HP.	C	X	X	
	Autres sections de tuyauterie (basse énergie)	C	-	X	Uniquement pertinent pour l'inondation
Système d'eau alimentaire de secours	Lignes des GV vers les clapets anti-retour	C	X	X	
	Lignes entre les clapets anti-retour et les vannes d'isolement	C	-	X	Critère 2% : fuite de débit équivalent à la rupture d'une tuyauterie de DN 50
	Lignes entre les vannes d'isolement et les pompes d'eau alimentaire de secours	C	-	X	Critère 2% : fuite de débit équivalent à la rupture d'une tuyauterie de DN 50
	Autres lignes entre les réservoirs d'eau alimentaire de secours et les pompes (basse énergie)	C	-	X	Uniquement pertinent pour l'inondation et la perte de fonction de la tuyauterie

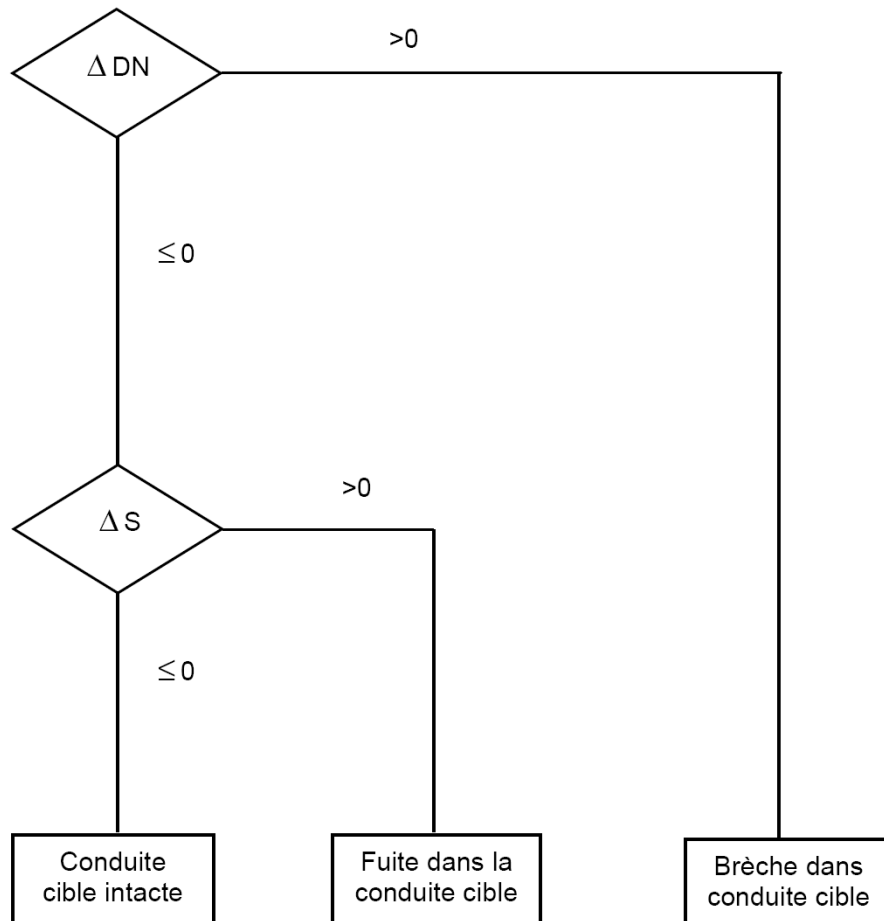
C = Classé / NC = Non Classé

Système	Section Système Respectivement Ligne	RCC-M (Réf [1]) Classement	Hypothèses de défaillance		Remarque
			Ruptures	Fuites	
Système de purge de générateur de vapeur	Lignes entre les GV et deux vannes d'isolement du côté secondaire	C	X	X	
	Lignes en aval des deux vannes d'isolement du côté secondaire et la bache de détente	NC	X	X	
	Bâche de détente	NC	X	X	La rupture est admissible car elle est située dans un compartiment séparé
	Lignes dans l'enceinte depuis la bache de détente vers le réservoir d'eau alimentaire	NC	X	X	
	Isolement de l'enceinte pour la ligne susmentionnée	C	X	X	
	Ligne susmentionnée en aval de la vanne d'isolement d'enceinte externe	NC	X	X	
	Lignes depuis la bache de détente vers l'échangeur	NC	X	X	
	Lignes depuis l'échangeur vers l'isolement de l'enceinte	NC	-	X	Uniquement pertinent pour l'inondation
	Isolement de l'enceinte pour la ligne susmentionnée	C	-	X	Uniquement pertinent pour l'inondation
Lignes dans le bâtiment de sauvegarde 4 et le bâtiment des auxiliaires nucléaires	NC	-	X	Uniquement pertinent pour l'inondation dans le bâtiment de secours 4. Aucune analyse des défaillances indirectes dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires, (voir section 3.1.1)	

TAB-3.4.2.1.2 EFFETS D'UNE DÉFAILLANCE DE TUYAUTERIE (RÉSUMÉ)

Effets de	Effets sur
Force d'impact de jet	Structures du bâtiment, composants mécaniques, électriques et de contrôle-commande
Fouettement de tuyau	Structures du bâtiment, composants mécaniques, électriques et de contrôle-commande
Forces de réaction	Structures du bâtiment, composants mécaniques
Forces d'ondes de compression	Composants mécaniques
Forces de débit	Composants mécaniques
Pression différentielle	Structures du bâtiment
Accumulation de pression	Structures du bâtiment, composants électriques et de contrôle-commande
Humidité	Composants électriques et de contrôle-commande
Température	Structures du bâtiment, composants électriques et de contrôle-commande
Radiation	Composants électriques et de contrôle-commande
Inondation	Structures du bâtiment, composants mécaniques, électriques et de contrôle-commande

FIG-3.4.2.1.1 DÉFAILLANCES SECONDAIRES POSTULÉES CAUSÉES PAR UN FOUETTEMENT DE CONDUITE



ΔDN diamètre nominal de la conduite en fouettement moins le diamètre nominal de la conduite cible

ΔS épaisseur de la paroi de la conduite en fouettement moins l'épaisseur de la paroi de la conduite cible

SOMMAIRE

.3.4.2.2 ANALYSE DE SURETE	3
1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	3
1.1. INITIATEURS	3
1.2. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION	3
1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE ET SCÉNARIIS CONSIDÉRÉS	4
1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES	4
2. ANALYSE PAR BATIMENT	5
2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR	5
2.1.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	5
2.1.2. CIBLES	5
2.1.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	5
2.1.4. ANALYSES	6
2.1.5. PARADES	6
2.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE	6
2.2.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	6
2.2.2. CIBLES	7
2.2.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	7
2.2.4. ANALYSES	7
2.2.5. PARADES	8
2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	8
2.3.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	8
2.3.2. CIBLES	8
2.3.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	8
2.3.4. ANALYSES	9
2.3.5. PARADES	9
2.4. BÂTIMENTS DIESELS	9
2.4.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	9
2.4.2. CIBLES	10
2.4.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	10
2.4.4. ANALYSES	10
2.4.5. PARADES	10

2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	10
2.5.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	10
2.5.2. CIBLES	10
2.5.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	11
2.5.4. ANALYSES	11
2.5.5. PARADES	11
2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	11
2.6.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	11
2.6.2. CIBLES	11
2.6.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	12
2.6.4. ANALYSES	12
2.6.5. PARADES	12
2.7. STATION DE POMPAGE	12
2.7.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	12
2.7.2. CIBLES	12
2.7.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	12
2.7.4. ANALYSES	13
2.7.5. PARADES	13
2.8. OUVRAGE DE REJET	13
2.8.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	13
2.8.2. CIBLES	13
2.8.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	13
2.8.4. ANALYSES	13
2.8.5. PARADES	14
2.9. GALERIES CLASSÉES	14
2.9.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	14
2.9.2. CIBLES	14
2.9.3. INITIATEURS DE L'AGRESSION	14
2.9.4. ANALYSES	14
2.9.5. PARADES	14
LISTE DES REFERENCES.	15

.3.4.2.2 ANALYSE DE SURETE

L'analyse de sûreté est la démonstration déterministe que la tranche est protégée de manière satisfaisante vis-à-vis des effets locaux et globaux qui peuvent être causés par la défaillance de tuyauterie à Haute Energie¹ en regard des exigences de sûreté décrites dans les sections 3.4.0 et 3.4.2.0.

Nota : les effets d'une fuite ou rupture d'une tuyauterie de Moyenne Energie en terme d'inondation sont détaillés section 3.4.8. Cette partie ne traite que du cas de défaillance des tuyauteries Haute Energie.

La synthèse des études RTHE est présentée en [Réf \[1\]](#) pour l'îlot nucléaire et [Réf \[2\]](#) pour l'îlot conventionnel.

1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

1.1. INITIATEURS

Pour chaque bâtiment, la première étape de l'analyse consiste à identifier et à localiser les tuyauteries Haute Energie présentes dans le bâtiment.

Pour rappel, les tuyauteries « Haute Energie » sont :

- soit des tuyauteries contenant de l'eau ou de la vapeur à une pression supérieure ou égale à 20 bars et/ou à une température supérieure ou égale à 100°C ;
- soit des tuyauteries véhiculant du gaz à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Une exception de défaillance est faite concernant les tuyauteries à exclusion de fuite, ou à exclusion de rupture ou respectant le critère 2% (cf section 3.4.2.1).

Conformément à la section 3.4.0., les conditions initiales de pression et de température à considérer pour l'identification des tuyauteries Haute Energie sont celles du fonctionnement normal définies à la section 3.6.1.

1.2. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION

La défaillance d'une tuyauterie est une agression interne. A ce titre, elle doit respecter les bases de conception issues des exigences de sûreté (cf. sections 3.4.0 et 3.4.1 du RDS).

Tous les matériels susceptibles de remettre en cause ces exigences de sûreté sont considérés comme cibles potentielles.

Dans tous les cas, un nombre suffisant de systèmes, permettant d'atteindre un état sûr et de faire face à un événement de type PCC de catégories 2 à 4, doit rester disponible.

Mode de dégradation :

- Les modes de dégradation sont définis dans le paragraphe 3 de la section 3.4.2.1.

A titre d'exemple, les effets de jet et de fouettement, qui peuvent survenir suite à la rupture d'une tuyauterie Haute Energie, peuvent endommager des équipements situés à proximité.

1. Conformément au paragraphe 2 de la section 3.4.2.1, les effets à considérer pour les défaillances de tuyauterie moyenne énergie sont uniquement les conséquences d'une inondation interne. Les analyses associées à ces défaillances sont détaillées au paragraphe 2 de la section 3.4.8.

De plus, les câbles sont considérés comme des cibles lorsqu'ils sont situés dans la zone d'effet de jet ou de fouettement d'une tuyauterie. Le mode dégradation considéré est alors la perte d'intégrité du câble entraînant la perte de l'opérabilité de l'aboutissant fonctionnel associé. L'analyse des modes communs relative à l'agression des liaisons électriques fait l'objet d'études spécifiques (cf. [Réf \[4\]](#), [Réf \[5\]](#), [Réf \[6\]](#), [Réf \[7\]](#) et [Réf \[9\]](#)).

1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE ET SCÉNARII CONSIDÉRÉS

Dans chaque bâtiment, une vérification des effets des ruptures de tuyauteries Haute Energie (RTHE) est effectuée par local (ou groupe de locaux non séparés physiquement). Les effets générés par une RTHE peuvent être locaux ou globaux.

Pour les effets locaux, elle consiste en une analyse fonctionnelle selon la méthode et les règles d'analyse définies dans la section 3.4.0, ainsi que les hypothèses de la section 3.4.2.1.

L'agression est classée dans l'une des quatre catégories :

- agressions internes indépendantes d'un événement PCC-2 à 4, RRC-A ou Accident Grave,
- agressions internes susceptibles de déclencher un événement PCC-2,
- agressions internes susceptibles de résulter d'un événement PCC-3/4,
- agressions internes susceptible de résulter d'un événement RRC-A ou Accident Grave.

Une analyse fonctionnelle est ensuite réalisée montrant, selon la catégorie concernée, qu'il est possible de ramener la tranche dans un état sûr, ou que les conditions aux limites de l'événement considéré sont garanties, malgré l'application d'une défaillance unique pour les agressions internes résultant d'un événement PCC-2 à 4, RRC-A ou Accident Grave.

Concernant les effets globaux, ils doivent être restreints autant que possible au bâtiment concerné conformément au paragraphe 2 de la section 3.4.1. En particulier, il convient de vérifier qu'en cas de défaillance de tuyauterie transportant un fluide à une température supérieure à 100°C :

- la conception des bâtiments est satisfaisante vis-à-vis du risque de propagation de conditions ambiantes dégradées,
- la tenue des structures des bâtiments mentionnés au paragraphe 5.2 de la section 3.4.2.1 n'est pas remise en cause par les accumulations de pression et pressions différentielles.

Pour plus de détails sur la note d'étude de vérification, cf. note de synthèse RTHE de l'îlot nucléaire [Réf \[1\]](#) et la liste des références et études applicables aux chapitres RDS [Réf \[3\]](#).

1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES

Des dispositions ont été valorisées dans les études de sûreté pour se prémunir des effets locaux ou globaux. Pour les RTHE, à titre d'exemple, elles peuvent être :

- matérielles, telles que :
 - les portes pour leur caractère fusible ou résistant à la pression ;
 - les trémies et calfeutrements de traversées , pour leur résistance à la pression ou l'absence de calfeutrement permettant d'évacuer la pression générée par une RTHE dans un local ;
 - les dispositifs anti-fouettement (DAF), les supports et points fixes dimensionnés à la RTHE ;
 - les membranes d'éclatement et dispositifs équivalents des casemates ARE et VVP, qui doivent permettre d'évacuer vers l'extérieur la pression générée par une RTHE dans les HL1 et 4 ;
 - les joints résistants à la pression dans les BAS 1 et 4 ;

- organisationnelles, telles que « Si les barrières thermiques sont alimentées par les communs [] (respectivement par les communs []), alors la charge et l'IJPP sont assurées par la pompe de charge [] (respectivement par la deuxième pompe de charge[]) ».

La référence de la liste des dispositions matérielles passives et organisationnelles valorisées dans les études d'agression est disponible dans la [Réf \[3\]](#).

2. ANALYSE PAR BATIMENT

2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR

2.1.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment réacteur est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment réacteur (BR) est constitué de deux corps de bâtiments, HRA et HRB. Le périmètre du bâtiment réacteur est délimité par l'enceinte de confinement qui se compose d'une paroi cylindrique en béton précontraint (délimitant le HRA) et d'un voile externe en béton armé, séparés par un espace dit entre enceinte (HRB).

Dans le bâtiment réacteur, les agresseurs à haute énergie sont majoritairement des tuyauteries appartenant à des systèmes associés aux circuits primaire et secondaire.

2.1.2. Cibles

Le bâtiment réacteur (BR) présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaire et secondaire. Ce bâtiment contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il abrite de plus des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par RTHE est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes ARE, RCP, RCV, RIS ou VVP [Réf \[1\]](#).

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite ou rupture sur les systèmes PTR, RCP et VVP [Réf \[1\]](#).

2.1.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans le bâtiment réacteur sont les suivants : APG, ARE, ASG, RCP, RCV, REN, RES, RIS, RBS², SAT, SGN, SNL (Haute Energie uniquement pendant les phases de maintenance), TEG, VVP.

De plus, le BR abrite des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales (associées au réservoir de détente APG et au réservoir de décharge du pressuriseur).

Pour les RTHE indépendantes d'un événement PCC-2 à 4, RRC-A ou Accident Grave et pour celles susceptibles de déclencher un événement PCC-2, les études montrent qu'il reste suffisamment de moyens pour amener la tranche dans un état sûr malgré l'application d'une défaillance aléatoire.

En fonction de l'état de tranche considéré, une RTHE peut conduire à des événements de type PCC 3 ou 4 tels que :

- un accident de perte de réfrigérant primaire APRP (cf. sections 15.2.4r, 15.2.3e, 15.2.4f et 15.2.4g en fonction de la taille de brèche),
- une brèche isolable sur le circuit RIS en mode RRA (cf. sections 15.2.4r ou 15.2.4q en fonction de la taille de brèche),

2. L'ensemble du système RBS est moyenne énergie dans le bâtiment réacteur à l'exception des quatre portions de tuyauteries connectées au RIS, situées en aval des vannes d'isolement [].

- une rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (cf. sections 15.2.3a et 15.2.4c en fonction de la taille de brèche),
- une rupture de tuyauterie d'eau vapeur (cf. sections 15.2.3a et 15.2.4b en fonction de la taille de brèche).

Pour les RTHE générant un événement de type PCC 3 ou 4, le transitoire est inévitable quand la RTHE constitue par définition son initiateur. Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'études et les moyens de gestion de ces transitoires.

Aucune situation RRC-A ou Accident Grave n'est susceptible d'être initiée suite à une RTHE.

2.1.4. Analyses

Un certain nombre de fonctions F1 est susceptible d'être perdu suite à une RTHE dans le BR (par exemple des fonctions associées aux systèmes de ventilation EBA et DWL). L'analyse démontre que la perte de ces fonctions ne remet pas en cause les objectifs de sûreté liés à cette agression.

L'analyse a mis en évidence des cas de défaillances simultanées de circuits primaire et secondaire et d'interaction entre deux trains RIS. Cependant, ces situations sont gérées et l'état sûr peut être atteint par des moyens non affectés par l'agression.

Une RTHE ne peut pas endommager les tuyauteries Haute Energie à exclusion de rupture ou de fuite appartenant aux systèmes RCP et VVP. Cependant, l'analyse a mis en évidence un cas d'agression de tuyauteries PTR à exclusion de fuite par une tuyauterie qui n'est pas Haute Energie durant les états D, E et F pendant lesquels la piscine réacteur est en eau. Les conséquences vis-à-vis des exigences de sûreté restent acceptables.

De plus, l'analyse des RTHE dans le BR a mis en évidence un cas de perte des moyens de borication, mais les conséquences vis-à-vis des exigences de sûreté restent acceptables. Les transitoires initiés peuvent être gérés et un état sûr peut être atteint avec les moyens non affectés par la RTHE.

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

Enfin, de par les dispositions de conception prévues, il n'existe pas de risque de propagation de conditions d'ambiance dégradée du bâtiment réacteur vers un autre bâtiment, et depuis un autre bâtiment vers le bâtiment réacteur. D'autre part, les effets de pressions différentielles résultant d'une RTHE ne remettent pas en cause la tenue des structures internes de génie civil du bâtiment réacteur (cf. section 3.5.3).

En conclusion, la conception du bâtiment réacteur est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance des tuyauteries Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.1.5. Parades

Les études de RTHE du bâtiment réacteur ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au § 1.4. et la Réf [3], que la conception du bâtiment réacteur est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE

2.2.1. Présentation du bâtiment

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS) sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

Les BAS sont constitués de quatre divisions réparties autour du bâtiment réacteur et abritent notamment des fonctions F1 sur les systèmes ASG, RIS/RRA, DVL et DWL.

Les BAS 1 et 4 contiennent des trains redondants des systèmes VVP, VDA, ARE, EVU, ainsi que la 3^{ème} file PTR (uniquement dans la division 1) et les BAS 2 et 3 abritent respectivement la salle de commande principale (au niveau [] m) et la station de repli (au niveau [] m).

2.2.2. Cibles

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et électriques (BAS/BL) abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur (BR) et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^e file), VDA, VVP, leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI ainsi que leurs supports électriques. Ils contiennent également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par RTHE est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, REN, VDA ou VVP [Réf \[1\]](#).

Les BAS 1 à 4 contiennent des tuyauteries à exclusion de rupture sur les systèmes VDA et VVP.

2.2.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans ces bâtiments sont les suivants : APG, ARE, ASG, EVU, REN, RIS, SAT, SAR, SED5 (partie Haute Energie), SGN, SIR, VDA, VVP.

En fonction de l'état de tranche considéré, une RTHE peut conduire à des événements de type PCC 3 ou 4 tels que :

- une brèche isolable sur le circuit RIS en mode RRA (cf. sections 15.2.4r ou 15.2.4q),
- une rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (cf. sections 15.2.3a et 15.2.4c en fonction de la taille de la brèche),
- une rupture de tuyauterie vapeur (cf. sections 15.2.3a et 15.2.4b en fonction de la taille de la brèche),
- une rupture d'une ligne véhiculant du fluide primaire hors de l'enceinte (cf. section 15.2.3q).

Pour les RTHE générant un événement de type PCC 3 ou 4, le transitoire est inévitable quand la RTHE constitue par définition son initiateur. Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'études et les moyens de gestion de ces transitoires.

De plus, les BAS abritent des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales (associées au système APG).

Aucune situation RRC-A ou Accident Grave n'est susceptible d'être initiée suite à une RTHE.

2.2.4. Analyses

Les effets locaux des RTHE peuvent conduire à la perte d'un certain nombre de fonction F1 (principalement des fonctions associées aux systèmes ASG et DWL). Cependant, la perte de ces fonctions ne remet pas en cause la sûreté de la tranche car l'agression susceptible de mener à la perte de ces fonctions n'initie pas de transitoire nécessitant leur disponibilité pour rejoindre l'état sûr.

La séparation des trains de sûreté dans les quatre bâtiments des auxiliaires de sauvegarde est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis de la RTHE.

Pour les RTHE indépendantes d'un événement PCC-2 à 4, RRC-A ou Accident Grave et pour celles susceptibles de déclencher un événement PCC-2, les études montrent qu'il reste suffisamment de moyens pour amener la tranche dans un état sûr malgré l'application d'une défaillance aléatoire.

Une RTHE ne peut pas endommager les tuyauteries Haute Energie à exclusion de rupture ou de fuite appartenant aux systèmes VVP, ni l'habitabilité de la salle de commande principale [].

De par les dispositions de conception prévues, il n'existe pas de risque de propagation de conditions d'ambiance dégradée du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde vers un autre bâtiment, et depuis un autre bâtiment vers un bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

Par ailleurs, il est vérifié que la rupture d'une ligne Haute Energie longeant de part et d'autre des BAS 2 et 3 n'agresse pas les équipements classés DVL et DVC situés à l'extérieur compte tenu des dispositions constructives mises en œuvre : dispositifs anti-débattement des lignes Haute Energie longeant les BAS 2 et 3 et installation d'un pare-jet protégeant la prise d'air des systèmes de ventilation DVL et DVC située entre la salle des machines et les BAS 2 et 3 (voir [Réf \[8\]](#)).

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

La conception de ces bâtiments est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance des tuyauteries Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.5. Parades

Les études de RTHE des BAS ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au § 1.4. et la [Réf \[3\]](#), que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE

2.3.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment combustible (BK) est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment combustible est physiquement séparé en deux divisions, abritant notamment des redondances de systèmes PTR, RCV et RBS, alimentées par la division électrique 1 et la division électrique 4.

2.3.2. Cibles

Le bâtiment combustible contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par RTHE est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN ou TEG [Réf \[1\]](#).

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur le système PTR [Réf \[1\]](#).

2.3.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans le bâtiment combustible sont les suivants : RCV (charge), RBS (Haute Energie durant les opérations d'homogénéisation des bâches RBS), REN, RES, SED5 (partie haute pression), SAT, TEG, SGH, SGN.

En fonction de l'état de tranche considéré, une RTHE peut conduire à des événements de type PCC 3 ou 4, tels que :

- la rupture d'une ligne véhiculant du fluide primaire hors de l'enceinte (cf. section 15.2.3q),
- la défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k),
- la perte d'un train de refroidissement PTR en état F (cf. section 15.2.3s),
- la rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (cf. section 15.2.3t).

Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'études et les moyens de gestion de ces PCC.

De plus, le BK peut abriter des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales.

Aucune situation RRC-A ou Accident Grave n'est susceptible d'être initiée suite à une RTHE.

2.3.4. Analyses

Les effets locaux des RTHE peuvent conduire à la perte d'un certain nombre de fonctions F1 (principalement des fonctions associées aux systèmes de ventilation EBA, EDE, DWK, DWL). Cependant, la perte des fonctions F1 ne remet pas en cause la sûreté de la tranche car l'agression susceptible de mener à la perte de ces fonctions n'initie pas de transitoire nécessitant leur disponibilité pour rejoindre l'état sûr.

Pour les RTHE indépendantes d'un événement PCC-2 à 4, RRC-A ou Accident Grave et pour celles susceptibles de déclencher un événement PCC-2, les études montrent qu'il reste suffisamment de moyens pour amener la tranche dans un état sûr malgré l'application d'une défaillance aléatoire.

La séparation des systèmes de sûreté du BK dans deux demi-bâtiments combustible est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis de la RTHE.

D'autre part, l'analyse met en évidence que les risques de perte de deux communs RRI sont écartés, du fait de la suppression du caractère Haute Energie des agresseurs Haute Energie SAT et RBS concernés³.

Toutefois, le risque de perte des moyens de borication n'a pu être écarté suite à une RTHE dans le bâtiment combustible. Les transitoires initiés peuvent néanmoins être gérés par les moyens non affectés par la RTHE, et un état sûr peut être atteint.

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures postulées en des points quelconques pénalisants ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

Il n'existe pas de risque de propagation de conditions d'ambiance dégradée du bâtiment combustible vers un autre bâtiment, entre deux divisions du bâtiment combustible, et depuis un autre bâtiment vers le bâtiment combustible.

La conception du bâtiment combustible est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance des tuyauteries Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.3.5. Parades

Les études de RTHE du bâtiment combustible ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 1.4.](#) et la [Réf \[3\]](#), que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.4. BÂTIMENTS DIESELS

2.4.1. Présentation du bâtiment

Les bâtiments diesels sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

Les bâtiments diesels (BD) sont au nombre de deux (abritant chacun deux divisions principales et une division de secours SBO). Ces bâtiments séparés géographiquement, abritent plusieurs dispositifs redondants qui permettent d'assurer l'alimentation électrique de systèmes importants pour la sûreté de la tranche, notamment en cas de perte totale des sources électriques extérieures.

3. Un requis de fermeture sur certaines vannes SAT est imposé en fonctionnement normal afin de mettre en état Moyenne Energie les portions de tuyauteries situées en aval ou des dispositions organisationnelles sont mises en œuvre pendant la maintenance du RIS.

2.4.2. Cibles

Les Bâtiments Diesels contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement.

Aucune agression par RTHE d'un équipement ou d'une tuyauterie dans les BD n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

En outre, ces bâtiments n'abritent pas de tuyauteries à exclusion de rupture ou de fuite.

2.4.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans les bâtiments diesels sont les suivants : SAT, LHP/Q/R/S (circuit d'air comprimé), LJP/S (circuit d'air comprimé), DVD.

De plus, le BD peut abriter des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales.

2.4.4. Analyses

La conception de ces bâtiments (séparation géographique et séparation en divisions) est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis des conséquences des agressions internes.

La température de l'ensemble des tuyauteries Haute Energie des BD étant inférieure à 100° C, les seules conséquences globales qui doivent faire l'objet d'une analyse sont les conséquences d'une inondation interne.

L'analyse montre que les effets locaux et globaux générés par RTHE ne peuvent affecter qu'une seule redondance F1, ne génèrent aucun événement de type PCC, RRC-A ou Accident Grave. Les objectifs de sûreté sont donc respectés.

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

La conception du bâtiment diesels est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance des tuyauteries Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.4.5. Parades

Les études de RTHE des bâtiments diesels ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au § 1.4. et la Réf [3], que la conception des bâtiments est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES

2.5.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires est décrit dans le paragraphe 2.6 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives, et n'est pas constitué de divisions séparées.

2.5.2. Cibles

Ce bâtiment ne contient pas d'équipements classés F1. Il abrite néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par RTHE est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes TEG, RCV, ou REN.

Par ailleurs, afin de ne pas remettre en cause le confinement du bâtiment, les conséquences d'une RTHE sur l'intégrité du radier doivent être étudiées.

2.5.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans ce bâtiment sont les suivants : RCV, REN, SAR, SAT, SG., SIR, TEG, TEP.

En fonction de l'état de tranche considéré, une RTHE peut conduire à des événements de type PCC 3 ou 4, tels que :

- La défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (PCC 15.2.3k),
- La rupture d'une ligne contenant du fluide primaire à l'extérieur de l'enceinte (PCC 15.2.3q).

De plus, le BAN peut abriter des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales.

Aucune situation RRC-A ou Accident Grave n'est susceptible d'être initiée suite à une RTHE.

2.5.4. Analyses

Une RTHE peut conduire dans certains locaux du bâtiment des auxiliaires nucléaires à des événements de type PCC 3, tels que la défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k) ou la rupture d'une ligne contenant du fluide primaire à l'extérieur de l'enceinte (PCC 15.2.3q). La plupart des cas d'initiation de ces transitoires est inévitable du fait que la RTHE considérée constitue, par définition, un initiateur du transitoire de type PCC considéré.

Cependant, l'agression ne remet pas cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ce PCC (situés en dehors du bâtiment des auxiliaires nucléaires).

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

L'analyse démontre que les effets locaux et globaux générés par la défaillance d'une tuyauterie Haute Energie ne remettent pas en cause le confinement statique du bâtiment.

La conception du bâtiment des auxiliaires nucléaires est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance de tuyauterie Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.5.5. Parades

Les études de RTHE du BAN ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 1.4.](#) et la [Réf \[3\]](#), que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

2.6.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment de traitement des effluents est décrit dans le paragraphe 2.9 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment de traitement des effluents (BTE) est composé de deux corps de bâtiment nommés HQA (dédié à l'entreposage des fûts et conteneurs) et HQB (dédié au traitement des effluents). Similairement au BAN, le BTE est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.6.2. Cibles

Ce bâtiment ne contient pas d'équipements classés F1. Il abrite néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par RTHE est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes 8TES, 8TEN ou 8TEU.

Par ailleurs, afin de ne pas remettre en cause le confinement du bâtiment, les conséquences d'une RTHE sur l'intégrité du radier doivent être étudiées.

2.6.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes comportant des tuyauteries à Haute Energie localisées dans ce bâtiment sont les suivants : 8SAR, 8SAT, 8SIR, 8TEN, 8TES, 8TEU, 8TRI.

De plus, le BTE peut abriter des tuyauteries Haute Energie comportant des soudures longitudinales.

Aucune situation RRC-A ou Accident Grave n'est susceptible d'être initiée suite à une RTHE.

2.6.4. Analyses

Une RTHE peut conduire dans certains locaux du bâtiment de traitement des effluents à la défaillance de circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k). La plupart des cas d'initiation de ces transitoires est inévitable du fait que la RTHE considérée constitue, par définition, un initiateur du transitoire de type PCC considéré. Cependant, l'agression ne remet pas cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ce PCC (situés en dehors du bâtiment de traitement des effluents).

Par ailleurs, il a été vérifié que les ruptures longitudinales ne remettent pas en cause les exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

L'analyse menée, similaire à celle du BAN, démontre que les effets locaux et globaux générés par la défaillance d'une tuyauterie Haute Energie ne remettent pas en cause le confinement statique du bâtiment.

La conception du bâtiment de traitement des effluents est satisfaisante vis-à-vis du risque de défaillance de tuyauterie Haute Energie en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.6.5. Parades

Les études de RTHE du BTE ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 1.4.](#) et la [Réf \[3\]](#), que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.7. STATION DE POMPAGE

2.7.1. Présentation du bâtiment

La station de pompage est décrite dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. du rapport de sûreté.

2.7.2. Cibles

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. La division 1 contient également la redondance du système SRU permettant le refroidissement de la troisième file PTR, valorisée pour la gestion d'accident PCC.

La station de pompage contient également des tuyauteries et des équipements dont l'endommagement peut potentiellement générer des transitoires incidentels ou accidentels. Les systèmes SEC, CFI, et DVP sont concernés. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

2.7.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes à Haute Energie localisés en station de pompage sont les suivants : SAT, SAR, CRF et CTE.

Ce sont uniquement des circuits gaz.

2.7.4. Analyses

En station de pompage, une RTHE conduit au plus à la perte d'une seule redondance de systèmes F1 (hors cas particulier de l'utilisation de la banalisation SEC) grâce à la conception du bâtiment en divisions de sûreté indépendantes (cf. [Réf \[2\]](#)).

Nota : le cas particulier où la banalisation SEC est initialement en service (un train CFI indisponible pour maintenance, deux trains SEC alimentés par un même train CFI) reste couvert par l'analyse générique car dans ce mode de fonctionnement particulier, aucune maintenance préventive sur un autre train SEC ou CFI n'est possible.

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 (« Perte d'un train PTR en état F » (cf. section 15.2.3s), « Perte d'un train PTR ou d'un système PTR en état A » (cf. section 15.2.2x), « Perte d'un train RIS-RA en mode RA (états C3, D) » (cf. section 15.2.2w)). Par ailleurs, la perte d'une pompe de circulation CRF lorsque la seconde est à l'arrêt peut conduire à l'événement PCC-2 « Perte du vide au condenseur » (cf. section 15.2.2g).

Les parades identifiées au [§ 2.7.5](#) permettent d'assurer que les transitoires éventuellement induits par une RTHE entraînant la perte d'un train PTR sont couverts par les études des événements PCC. Pour les autres transitoires générés, un nombre suffisant de systèmes restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche sans valorisation de parades particulières.

Par conséquent, une RTHE en station de pompage ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.7.5. Parades

Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une RTHE soient couverts par les études PCC (cf. [Réf \[3\]](#)). Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associés à chacun des communs.

2.8. OUVRAGE DE REJET

2.8.1. Présentation du bâtiment

L'ouvrage de rejet, constitué d'une partie pré-rejet HCB et d'une partie rejet HCA, est décrit dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. du rapport de sûreté.

2.8.2. Cibles

L'ouvrage de rejet, partie pré-rejet (HCB), abrite dans sa partie classée deux voies redondantes du système JAC (ainsi que sa fonction support DVP).

L'ouvrage de rejet, partie rejet (HCA), abrite dans sa partie classée, les tuyauteries de rejet SEC et SRU (ainsi que la fonction support DVP).

2.8.3. Initiateurs de l'agression

Les systèmes à Haute Energie localisés en ouvrage de rejet sont les suivants : SAT, SAR, GRV et SKZ. Ce sont uniquement des circuits gaz.

2.8.4. Analyses

L'analyse menée (cf. [Réf \[2\]](#)) montre qu'une RTHE en ouvrage de rejet peut agresser du matériel de conditionnement DVP par effet local, pouvant entraîner la perte d'une redondance F1 du système JAC.

Aucun PCC n'est généré suite à une RTHE dans l'ouvrage de rejet.

Par conséquent, une RTHE en ouvrage de rejet ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.8.5. Parades

Aucune parade spécifique n'est valorisée.

2.9. GALERIES CLASSÉES

2.9.1. Présentation du bâtiment

Les galeries classées sont décrites dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. du rapport de sûreté.

2.9.2. Cibles

Chaque galerie classée fait la connexion entre la station de pompage, l'ouvrage de rejet et l'îlot nucléaire appartenant à la même division de sûreté. Elles permettent la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC. Ces galeries contiennent également les tuyauteries JAC et SRU pour les divisions 1 et 4.

2.9.3. Initiateurs de l'agression

Le seul système à Haute Energie localisé en galeries classées est le système SAT. C'est un circuit gaz.

2.9.4. Analyses

L'analyse menée (cf. [Réf \[2\]](#)) montre qu'une RTHE en galeries classées ne peut impacter, par effet local, qu'une seule redondance F1 du système JAC, et ne génère pas de transitoire de type PCC.

2.9.5. Parades

Aucune parade spécifique n'est valorisée.

LISTE DES REFERENCES

[1] ECEIG140290 B – Note de synthèse des analyses de Ruptures de Tuyauteries Haute Energie de l'îlot nucléaire de l'EPR Flamanville 3

[2] ETSIM130256 B – Note de synthèse du risque RTHE sur les installations de la station de pompage, de l'ouvrage de rejet et des galeries classées de l'EPR de Flamanville 3

[3] D305117002784 F - Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

[4] D305116053664 A - Analyse fonctionnelle des conséquences d'une RTHE sur les câbles (GESTEC) dans le Bâtiment Réacteur (BR)

[5] D305116053663 A - Analyse fonctionnelle des conséquences d'une RTHE sur les câbles (GESTEC) dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS)

[6] D305116053661 A - Analyse fonctionnelle des conséquences d'une RTHE sur les câbles (GESTEC) dans le Bâtiment Combustible (BK)

[7] D305117010221 A - EPR FA3 – Compléments d'analyse fonctionnelle des conséquences d'une RTHE sur les câbles (GESTEC)

[8] ETD0IG080365 D – Salle des machines – Identification des lignes RTHE et analyse des conséquences

[9] D305215082803 A - EPR FA3 – Identification des modes communs de câblages (MCC) pour les agressions internes dans les bâtiments de l'IC/BOP

SOMMAIRE

.3.4.2.3 EXCLUSION DE RUPTURE DES TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. EXIGENCES DE CONCEPTION, FABRICATION ET DE SUIVI EN SERVICE	3
0.1.1. EXIGENCES DE CONCEPTION	3
0.1.2. EXIGENCES CONCERNANT LES MATÉRIAUX, LA FABRICATION ET LES CONTRÔLES	3
0.1.3. EXIGENCES CONCERNANT LA SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	3
0.1.4. EXIGENCES CONCERNANT L'INSPECTION EN SERVICE	3
0.2. BRÈCHES POSTULÉES	4
0.3. VÉRIFICATIONS AU TITRE DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR	4
0.3.1. ÉTUDES RÉALISÉES AVEC HYPOTHÈSES RÉALISTES	4
0.3.2. EXIGENCES DE DÉTECTION DE FUITES	4
0.3.3. STABILITÉ DU SUPPORTAGE	4
0.3.4. INTERACTION ENTRE LIGNES	4
1. BASES DE CONCEPTION	4
1.1. DOMAINE D'APPLICATION	4
1.2. BASE DES DÉMONSTRATIONS MÉCANIQUES	4
1.2.1. CHARGEMENTS	4
1.2.2. CHOIX DES MATÉRIAUX	4
1.2.3. MÉCANISMES D'ENDOMMAGEMENT ÉTUDIÉS	5
1.2.4. ANALYSE DES DÉFAUTS NON TRAVERSANTS	5
1.2.5. ANALYSE DE DÉFAUTS TRAVERSANTS	5
1.3. LA DÉTECTION DE FUITE	5
1.4. INSPECTION EN SERVICE	5
1.5. BRÈCHES ÉTUDIÉES AU TITRE DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR	5
1.6. PROTECTIONS RELATIVES À L'ACCIDENT DE RTV	5
LISTE DES RÉFÉRENCES.	7



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.2.3

PAGE 2/9

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

TAB-3.4.2.3.1 HYPOTHÈSES ADDITIONNELLES MALGRÉ LA DÉMARCHE D'EXCLUSION DE RUPTURE SUR LES TUYAUTERIES PRIMAIRES PRINCIPALES	8
TAB-3.4.2.3.2 HYPOTHÈSES DANS LE CONTEXTE D'UNE EXCLUSION DE RUPTURE DE LIGNES VAPEUR PRINCIPALES DANS L'ENCEINTE	9

.3.4.2.3 EXCLUSION DE RUPTURE DES TUYAUTERIES HAUTE ÉNERGIE

Les conditions à remplir pour considérer que la rupture d'une tuyauterie est exclue sont détaillées ci-après, de même que les exigences relatives à la prise en compte des défaillances au titre de la défense en profondeur.

La démarche d'exclusion de rupture présentée ci-après s'applique aux tuyauteries primaires et secondaires principales [Réf \[3\]](#). La mise œuvre de cette démarche est détaillée dans les sous-chapitres 5.2 et 10.5 du RDS pour respectivement le CPP et le CSP.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. EXIGENCES DE CONCEPTION, FABRICATION ET DE SUIVI EN SERVICE

La démarche d'exclusion de rupture peut être appliquée à tous les types de tuyauteries haute énergie qui respectent les exigences suivantes :

0.1.1. Exigences de conception

- un haut niveau de qualité à travers les règles de dimensionnement, les études de comportement, ainsi que le choix des matériaux et des procédés de fabrication (voir [§ 0.1.2.](#)). L'application du RCC-M niveau 1 [Réf \[5\]](#) permet de satisfaire la plupart de ces exigences. En particulier :

□

- □

- □

□

0.1.2. Exigences concernant les matériaux, la fabrication et les contrôles

Matériaux

□

Fabrication

□

Contrôles

□

0.1.3. Exigences concernant la surveillance en exploitation

D'une manière générale, la surveillance en exploitation (en particulier lors des essais de mise en service, mais également au cours de l'exploitation) doit être suffisante pour garantir la validité des hypothèses prises à la conception, notamment vis-à-vis :

□

0.1.4. Exigences concernant l'inspection en service

□

0.2. BRÈCHES POSTULÉES

□

0.3. VÉRIFICATIONS AU TITRE DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR

0.3.1. Études réalisées avec hypothèses réalistes

Le débit résultant de la brèche guillotine doublement débattue, dite brèche 2A (A section interne de la tuyauterie), reste pris en compte à l'intérieur de l'enceinte, avec des hypothèses réalistes, pour :

□

0.3.2. Exigences de détection de fuites

Au moins □ dispositifs différents et indépendants doivent permettre une détection de fuite des tuyauteries relevant de l'exclusion de rupture situées dans l'enceinte de confinement.

□

0.3.3. Stabilité du supportage

□

0.3.4. Interaction entre lignes

En cas de rupture doublement débattue d'une boucle primaire, aucun dommage mécanique ne doit être transmis aux boucles non rompues.

□

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. DOMAINE D'APPLICATION

Sur EPR FA3, la démarche d'exclusion de rupture est appliquée :

□

1.2. BASE DES DÉMONSTRATIONS MÉCANIQUES

1.2.1. Chargements

Les études mécaniques prennent en compte les conditions de fonctionnement, les cas de charge et leurs combinaisons spécifiées dans le rapport de sûreté. Pour les cas de charge relatifs aux séismes, les études sont effectuées avec les spectres standardisés relatifs au palier (Spectre De Dimensionnement SDD).

□

1.2.2. Choix des matériaux

Les matériaux retenus pour ces tuyauteries sont en règle générale ceux d'ores et déjà utilisés pour des tuyauteries similaires sur des tranches nucléaires en exploitation et caractérisés par un retour d'expérience satisfaisant. Toutefois, d'autres matériaux peuvent être utilisés sous réserve que des justifications appropriées soient disponibles.

Les propriétés mécaniques utilisées sont celles définies dans le RCC-M [Réf \[5\]](#). □.

1.2.3. Mécanismes d'endommagement étudiés

Les principaux mécanismes de dégradation doivent être étudiés lors de la conception de ces tuyauteries. La mise à jour périodique de ces études doit être réalisée sur la base d'une analyse de retour d'expérience national et international et regroupé au sein des "Doctrine de Maintenance" de ces tuyauteries. L'exhaustivité des mécanismes considérés est à justifier. Sont considérés à minima :

□

1.2.4. Analyse des défauts non traversants

L'objectif de cette analyse est de confirmer l'innocuité de défauts qui n'auraient pas été détectés en fin de fabrication.

Les défauts hypothétiques de type fissure sont postulés dans les soudures où :

□

1.2.5. Analyse de défauts traversants

L'objectif de cette analyse est de confirmer la tolérance aux grands défauts des tuyauteries considérées, par comparaison du défaut critique traversant avec :

□

1.3. LA DÉTECTION DE FUITE

□

1.4. INSPECTION EN SERVICE

L'inspection en service est une des actions de surveillance des tuyauteries concernées. □.

□

1.5. BRÈCHES ÉTUDIÉES AU TITRE DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR

Pour les études thermohydrauliques d'ensemble, et les calculs de pressions et températures dans l'enceinte, les calculs effectués avec une rupture 2A sont effectués avec les règles réalistes. Du fait de la mise en œuvre de l'exclusion de rupture, on considère que la brèche guillotine doublement débattue a une probabilité très faible. Son étude peut donc être effectuée avec les règles suivantes :

□

Les hypothèses de défaillances retenues malgré la démarche d'exclusion de rupture sur les tuyauteries primaires principales sont présentées dans le tableau [TAB-3.4.2.3.1](#).

1.6. PROTECTIONS RELATIVES À L'ACCIDENT DE RTV

Les protections relatives à l'accident de rupture sur le circuit secondaire doivent couvrir, en application du [§ 0.2](#) :

- les ruptures du circuit vapeur au delà de l'isolement extérieur enceinte,
- les ruptures de tuyauteries d'eau alimentaire dans l'enceinte.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.2.3

PAGE 6/9

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

A titre de découplage, ces protections sont dimensionnées par l'accident de rupture de tuyauterie vapeur dans l'enceinte, enveloppe des précédents.

Les hypothèses de défaillances retenues malgré la démarche d'exclusion de rupture sur les lignes vapeur principales dans l'enceinte sont présentées dans le tableau [TAB-3.4.2.3.2](#).

LISTE DES REFERENCES

[1] Arrêté du 10 novembre 1999 modifié relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression.

[2] Circulaire du 10 novembre 1999 relative à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression.

[3] Exclusion de rupture de tronçons de tuyauteries CPP-CSP. Positionnement de la démarche et référentiel des exigences de sûreté associées. Note ENSN040134C

[4] Computation of leak areas of circumferential cracks in piping for application in demonstrating leak before break behavior. Nuclear Engineering and design 135, 141-149, 1992.

[5] RCC-M : Recueil de Règles de Construction et de Conception des matériels Mécaniques de l'îlot nucléaire des REP

[6] RCC-MR – Annexe 16 : Recueil de Règles de Construction et de Conception des matériels Mécaniques de l'îlot nucléaire des RNR

[7] RSE-M : Règles de surveillance en exploitation des matériels mécaniques

[8] SQUIRT- Programme d'évaluation des débits de fuite développés dans le programme IPIRG-NRC (USA)

TAB-3.4.2.3.1 HYPOTHÈSES ADDITIONNELLES MALGRÉ LA DÉMARCHE D'EXCLUSION DE RUPTURE SUR LES TUYAUTERIES PRIMAIRES PRINCIPALES

Effets		Défaillances de tuyaux postulées
sur	de	
Performance RIS	perte de réfrigérant	Brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale
Enceinte	pression température	Brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale
Qualification environnementale des équipements	inondation pression température humidité radiation	Brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale
Composants primaires (avec équipements internes et supports)	Effets dynamiques de la décompression	Rupture guillotine de toute ligne connectée au niveau de la soudure du piquage
Structures internes de l'enceinte	Pression différentielle température inondation	Brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale Rupture guillotine de toute ligne connectée au niveau de la soudure du piquage
Supports des principaux composants	Force 2pA colinéaire avec la buse	Force « 2pA »

TAB-3.4.2.3.2 HYPOTHÈSES DANS LE CONTEXTE D'UNE EXCLUSION DE RUPTURE DE LIGNES VAPEUR PRINCIPALES DANS L'ENCEINTE

Effets		Ruptures de tuyaux postulées
sur	de	
Hypothèses additionnelles malgré l'exclusion de rupture		
Supports générateurs de vapeur	Force 2pA colinéaire avec la tubulure	Force « 2pA »
Enceinte	Accumulation de pression Température	Brèche 2A sur une ligne vapeur principale si elle n'est pas couverte par une brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale
Qualification environnementale des équipements	Pression Température Humidité	Brèche 2A sur une ligne vapeur principale si elle n'est pas couverte par une brèche 2A sur la tuyauterie primaire principale
Evènements PCC4		
Générateur de vapeur avec tubes de générateur de vapeur et ligne de vapeur principale dans l'enceinte	Effets dynamiques de la décompression	Rupture guillotine dans les zones sans BP
Tubes GV	Pression différentielle entre le côté primaire et le GV dépressurisé	Rupture d'une ligne de vapeur principales en aval des vannes d'isolement vapeur
Structures internes de l'enceinte	Pression différentielle Température Inondation	Rupture guillotine de toute autre ligne de GV connectée c'est à dire APG et ASG
Comportement de la réactivité	Transitoire de sur-refroidissement	Rupture d'une ligne de vapeur principale en aval des vannes d'isolement vapeur avec décharge de vapeur pure

SOMMAIRE

.3.4.2.4 EXCLUSION DE FUITE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. PROTECTION TOTALE DES TRONÇONS	3
0.2. EXIGENCES RELATIVES AUX TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE À EXCLUSION DE FUITE	4
0.2.1. EXIGENCES DE CONCEPTION	4
0.2.2. EXIGENCES CONCERNANT LES MATÉRIAUX, LA FABRICATION ET LES CONTRÔLES	4
0.2.3. EXIGENCES CONCERNANT LA SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	4
0.2.4. EXIGENCES CONCERNANT L'INSPECTION EN SERVICE	4
0.3. EXIGENCES RELATIVES AUX ORGANES D'ISOLEMENT	4
0.4. EXIGENCES RELATIVES AUX TRONÇONS À DOUBLE ENVELOPPE	4
0.5. FUITES OU BRÈCHES POSTULÉES	4
0.6. VÉRIFICATIONS AU TITRE DE LA ROBUSTESSE	5
0.6.1. RENFORCEMENT DE LA PRÉVENTION : ANALYSE DE LA STABILITÉ D'UN GRAND DÉFAUT NON TRAVERSANT	5
0.6.2. EXIGENCES DE DÉTECTION DE FUITES	5
1. BASES DE CONCEPTION	5
1.1. DOMAINE D'APPLICATION	5
1.2. BASE DES DÉMONSTRATIONS MÉCANIQUES POUR LES TUYAUTERIES À EXCLUSION DE FUITE	6
1.2.1. CHARGEMENTS	6
1.2.2. CHOIX DES MATÉRIAUX	6
1.2.3. MÉCANISMES D'ENDOMMAGEMENT PRIS EN COMPTE	6
1.2.4. ANALYSE DES DÉFAUTS NON TRAVERSANTS	6
1.3. LA DÉTECTION DE FUITE	6
1.4. INSPECTION EN SERVICE	6
1.5. ÉTANCHÉITÉ DES ORGANES D'ISOLEMENT	6



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE	3
SECTION	4.2.4
PAGE	2/8

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

1.6. CONCEPTION DOUBLE ENVELOPPE ET DISPOSITIF DE DÉTECTION DE FUITE ASSOCIÉ	6
1.7. FUITES ÉTUDIÉES AU TITRE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	7
1.7.1. PCC	7
1.7.2. RRC-A	7
LISTE DES RÉFÉRENCES.	8

.3.4.2.4 EXCLUSION DE FUITE DES TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE

Les dispositions prises en compte à la conception des structures classées sûreté et des composants mécaniques, électriques et CC, leur permettent de résister aux effets des défaillances des tuyauteries Moyenne Energie. Toutefois, dans certains cas particuliers, les conséquences fonctionnelles de certaines fuites non isolables pourraient compromettre la démonstration de sûreté.

De telles défaillances peuvent être exclues dans l'approche déterministe lors de la conception des équipements et des structures environnantes si certaines exigences spécifiques sont respectées.

Les dispositions permettant d'exclure toute fuite significative peuvent s'inscrire dans deux approches distinctes :

- la première consiste à concevoir, fabriquer et exploiter les tronçons concernés de sorte que leur intégrité soit garantie,
- la seconde consiste à retenir une conception « double enveloppe » pour les tronçons concernés de sorte que toute perte d'intégrité du tronçon constituant la première enveloppe n'est pas susceptible de conduire à des conséquences inacceptables.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. PROTECTION TOTALE DES TRONÇONS

La protection des tronçons vis-à-vis des agressions internes et externes est renforcée. A ce titre, des dispositions adaptées doivent être prises pour assurer une protection du circuit vis-à-vis de chacune des agressions interne et externe définies dans le Rapport de Sûreté, et vis-à vis d'éventuelles opérations de maintenance inopinées susceptibles de conduire à une vidange.

Cette protection peut être assurée :



Ces exigences générales sont applicables à la fois aux tuyauteries soumises à la démarche d'exclusion de fuite ou brèche et aux tronçons à double enveloppe.

La recommandation générale de réduction de la longueur des tronçons concernés permet de contribuer à cet objectif de protection totale.

0.2. EXIGENCES RELATIVES AUX TUYAUTERIES MOYENNE ÉNERGIE À EXCLUSION DE FUITE

La démarche d'exclusion de fuite ou brèche peut être appliquée aux tuyauteries Moyenne Energie qui respectent les exigences suivantes :

0.2.1. Exigences de conception

□

De plus, il est recommandé autant que possible :

- d'adopter des tracés simples et courts
- et de limiter le nombre de joints soudés.

0.2.2. Exigences concernant les matériaux, la fabrication et les contrôles

□

Les dispositions du RCC-M niveau 2 (hors volume E) [Réf \[1\]](#) permettent de satisfaire la plupart de ces exigences, sous réserve que les critères d'acceptations du contrôle non destructif des soudures de production soient renforcés. Les critères d'acceptation du § S7714 du RCC-M (niveau 1) répondent à cette exigence.

0.2.3. Exigences concernant la surveillance en exploitation

D'une manière générale, la surveillance en exploitation (en particulier lors des essais de mise en service, mais également au cours de l'exploitation) doit être suffisante pour garantir la validité des hypothèses prises à la conception, notamment vis à vis :

□

0.2.4. Exigences concernant l'inspection en service

- Prise en compte de l'inspectabilité à la conception

□

- Programme d'inspection en service

□

□

0.3. EXIGENCES RELATIVES AUX ORGANES D'ISOLEMENT

□

0.4. EXIGENCES RELATIVES AUX TRONÇONS À DOUBLE ENVELOPPE

□

0.5. FUITES OU BRÈCHES POSTULÉES

Pour les tronçons répondant aux exigences du référentiel d'Exclusion de fuite, les fuites ou brèches sont exclues des analyses de dimensionnement.

Pour autant, les conséquences d'une fuite sur un tronçon PTR, localisée en amont du deuxième organe d'isolement des tuyauteries à l'aspiration :

- des lignes de refroidissement PTR,
- des lignes de vidange des piscines du BR et du BK,

sont étudiées selon les règles et hypothèses associées aux conditions de fonctionnement PCC (Chapitre 15.2.4).

De plus, des fuites conventionnelles concernant le tube de transfert et ses équipements de raccordement aux peaux métalliques d'étanchéité des piscines du BR et du BK sont étudiées en tant que séquence RRC-A. Les règles générales applicables aux études du domaine RRC-A sont décrites à la section 19.1.0.

Enfin, l'analyse de sûreté des défaillances localisées en aval des organes d'isolement est effectuée avec les règles définies dans le sous-chapitre 15.0 du Rapport de Sûreté.

0.6. VÉRIFICATIONS AU TITRE DE LA ROBUSTESSE

0.6.1. Renforcement de la prévention : analyse de la stabilité d'un grand défaut non traversant

□

0.6.2. Exigences de détection de fuites

Un dispositif est requis pour la détection de fuite sur les composants relevant de l'exclusion de fuite.

Le dispositif de détection de fuite doit avoir des performances en termes de capacité de détection présentant des marges par rapport à la démonstration fonctionnelle.

Ce dispositif n'est pas classé au séisme.

□

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. DOMAINE D'APPLICATION

En application de la démarche de traitement du risque de vidange accidentelle de la piscine de désactivation, des initiateurs PCC de vidange de piscine BK sont introduits dans la liste des incidents et accidents de référence (PCC 3t, PCC 4r).

Cette démonstration conduit à exclure des incidents et accidents de référence les fuites ou brèches sur certains tronçons non isolables connectés aux piscines BR et BK.

La démarche retenue à la conception pour identifier les conditions de fonctionnement PCC relatives à la piscine d'entreposage a conduit à ne retenir une défaillance que sur les tronçons isolables du système PTR (en aval du second organe d'isolement).

Pour les tronçons conçus et fabriqués selon le référentiel d'exclusion de fuite jusqu'au deuxième organe d'isolement, les fuites sont exclues :

□

1.2. BASE DES DÉMONSTRATIONS MÉCANIQUES POUR LES TUYAUTERIES À EXCLUSION DE FUITE

1.2.1. Chargements

Les études mécaniques prennent en compte les cas de charge et leurs combinaisons spécifiées dans le rapport de sûreté. Pour les cas de charge relatifs aux séismes, les études sont effectuées avec les spectres standardisés relatifs au palier.

□

1.2.2. Choix des matériaux

Les matériaux retenus pour ces tuyauteries sont en règle générale ceux d'ores et déjà utilisés pour des tuyauteries similaires sur des tranches nucléaires en exploitation et caractérisés par un retour d'expérience satisfaisant. Toutefois, d'autres matériaux peuvent être utilisés sous réserve que des justifications appropriées soient disponibles.

Les propriétés mécaniques utilisées sont celles définies dans le RCC-M. Les caractéristiques mécaniques des matériaux, non codifiées dans le RCC-M, prennent en compte des valeurs minimales, corrigées des effets éventuels de vieillissement, et seront justifiées par des essais représentatifs.

1.2.3. Mécanismes d'endommagement pris en compte

Les principaux mécanismes de dégradation de ces tuyauteries sont étudiés lors de la conception de ces tuyauteries. La mise à jour périodique de ces études est réalisée sur la base d'une analyse de retour d'expérience.

1.2.4. Analyse des défauts non traversants

- Au titre de la conception :

□
□
□
□

- Au titre de la robustesse :

□
□
□
□

1.3. LA DÉTECTION DE FUITE

□

1.4. INSPECTION EN SERVICE

L'inspection en service est une des actions de surveillance des tuyauteries concernées. □.

□

1.5. ÉTANCHÉITÉ DES ORGANES D'ISOLEMENT

□

1.6. CONCEPTION DOUBLE ENVELOPPE ET DISPOSITIF DE DÉTECTION DE FUITE ASSOCIÉ

La capacité de la seconde enveloppe à limiter, avec des marges suffisantes, les fuites externes à un niveau acceptable doit pouvoir être testée en exploitation.

**1.7. FUITES ÉTUDIÉES AU TITRE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT****1.7.1. PCC**

Les conséquences d'une fuite sur un tronçon PTR, localisée en amont du deuxième organe d'isolement des tuyauteries à l'aspiration des lignes de refroidissement PTR, ainsi que des lignes de vidange des piscines du BR et du BK, bien que non retenues au titre du référentiel exclusion de fuite, sont étudiées selon les règles et hypothèses associées aux conditions de fonctionnement PCC (accident PCC 4t du chapitre 15.2.4).

L'analyse de sûreté des défaillances localisées en aval du 2^e organe d'isolement est également effectuée avec les règles définies dans le chapitre 15 du Rapport de Sûreté.

1.7.2. RRC-A

Les fuites étudiées au titre des conditions de fonctionnement RRC-A, avec un débit de fuite conventionnel évalué en considérant une ouverture en $e \cdot di/4$ (avec di diamètre interne de la tuyauterie, et e épaisseur de la tuyauterie), concernent le tube de transfert et ses équipements de raccordement aux peaux métalliques d'étanchéité des piscines du BR et du BK.

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] RCC-M : Recueil de Règles de Construction et de Conception des matériels Mécaniques de l'îlot nucléaire des REP

[2] RSE-M : Règles de surveillance en exploitation des matériels mécaniques

SOMMAIRE

.3.4.3 DÉFAILLANCES DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES	2
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	2
0.2. EXIGENCES DE PROTECTION CONTRE LA RUPTURE DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES	2
0.2.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	2
0.2.2. OBJECTIF DÉTERMINISTE/PROBABILISTE	2
0.2.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	2
1. BASES DE CONCEPTION	2
1.1. ÉQUIPEMENTS DE NIVEAU DE QUALITÉ Q1 À Q3	2
1.2. ÉQUIPEMENTS NON CLASSÉS	3
1.3. CUMULS	3
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	4
2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	4
2.1.1. INITIATEURS DE L'AGRESSION ET SCENARII CONSIDÉRÉS	4
2.1.2. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION	4
2.1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	4
2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES	4
2.2. ANALYSE PAR BATIMENT	5
2.2.1. ANALYSE DE SÛRETÉ DANS L'ÎLOT NUCLÉAIRE	5
2.2.2. ANALYSE DE SÛRETÉ DANS L'ÎLOT CONVENTIONNEL	6
LISTE DES REFERENCES.	8

.3.4.3 DÉFAILLANCES DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

Les objectifs de sûreté généraux, pour les agressions internes, sont indiqués à la section 3.4.0.

Comme pour toutes les autres agressions internes, les équipements nécessaires pour accomplir les principales fonctions de sûreté doivent être protégés contre les effets inacceptables de toute rupture de réservoirs, pompes et vannes.

0.2. EXIGENCES DE PROTECTION CONTRE LA RUPTURE DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES

0.2.1. Identification des risques

Les mêmes effets que ceux considérés dans le cas de rupture de tuyauteries, sauf le fouettement des tuyauteries (voir section 3.4.2), doivent être envisagés en cas de rupture de réservoirs, pompes et vannes.

De plus, la possibilité d'émission de projectiles doit être envisagée lors de la rupture de réservoirs, pompes et vannes Haute Energie qui ne satisfont pas aux exigences de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2). L'approche de la protection contre ces projectiles est traitée à la section 3.4.4.

0.2.2. Objectif déterministe/probabiliste

Les objectifs déterministes/probabilistes sont donnés à la section 3.4.0.

0.2.3. Réglementation applicable

La réglementation applicable est indiquée à la section 3.4.0.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. ÉQUIPEMENTS DE NIVEAU DE QUALITÉ Q1 À Q3

Pour les équipements de niveau de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2), les ruptures sont exclues.

En ce qui concerne les dispositifs boulonnés, les ruptures sont exclues du fait de la pluralité des boulons. La perte d'un boulon provoquera éventuellement seulement une fuite.

Les conséquences des fuites ne sont pas analysées pour ces réservoirs, pompes et vannes, parce que la section transversale postulée des fuites et ruptures considérées sur les tuyauteries connectées, y compris sur les soudures correspondantes, recouvre les effets suivants :

- l'analyse du circuit (par ex. les transitoires de sur refroidissement, contre réactions, le refroidissement de secours du cœur, la conception redondante des systèmes de sûreté),
- l'augmentation des conditions d'ambiance (par ex. pression, température, humidité, irradiation),
- l'inondation des bâtiments,
- les forces agissant sur les structures et équipements liés à la sûreté (impact des jets et forces de réaction, ondes de pression, forces d'écoulement et différences de pression).

Pour certains composants du circuit primaire principal, les défaillances (ruptures et fuites) ne sont pas considérées dans le rapport de sûreté. Pour ces composants appelés « non ruptibles », des

dispositions particulières sont prises en matière de conception, de fabrication, de contrôle et de surveillance en service. Ces dispositions sont décrites à la section 5.2.6.

1.2. ÉQUIPEMENTS NON CLASSÉS

Pour les équipements qui ne satisfont pas aux exigences de qualité Q1 à Q3 (voir section 3.6.2), des investigations concernant les défaillances indirectes dues à des ruptures doivent être menées au cas par cas.

Les critères suivants doivent être considérés :

Equipements Moyenne Energie

Pour ces équipements (voir définition à la section 3.4.2), une analyse doit être effectuée uniquement pour l'inondation. Toutefois, il ne doit en principe pas y avoir de restriction concernant la taille et la localisation des ruptures. Le cas échéant, une restriction des hypothèses de défaillance peut être effectuée sur la base d'une évaluation de la qualité.

Equipements Haute Energie

Par principe, l'implantation d'équipements Haute Energie qui ne satisfont pas aux exigences de qualité Q1 à Q3 dans les bâtiments classés de sûreté (à l'exception du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires) doit être limitée autant que possible.

Pour les équipements Haute Energie qui ne satisfont pas aux exigences de qualité Q1 à Q3, il n'y a en principe pas de restrictions pour les hypothèses de défaillance. Tous les effets résultants doivent être envisagés.

1.3. CUMULS

Les règles générales applicables pour l'inventaire des cumuls des agressions internes et externes sont décrites à la section 3.4.0.

Un lien de causalité est envisagé avec les agressions suivantes, dans le sens où ces agressions pourraient engendrer une défaillance de réservoirs, pompes et vannes :

- Séisme (y compris «séisme évènement» qui couvre les impacts indirects) : un séisme peut endommager plusieurs réservoirs, pompes ou vannes. Ce risque est couvert par le classement sismique des matériels exigé en base pour l'analyse de sûreté (voir section 3.3.2 qui renvoie au sous-chapitre 3.2),

Et une défaillance de réservoirs, pompes et vannes pourrait engendrer les agressions suivantes :

- Missiles internes : la défaillance d'un composant Haute Energie comme un réservoir ou une vanne peut générer un missile (voir section 3.4.4),
- Inondation interne : la défaillance d'un composant contenant de l'eau peut générer un évènement de type inondation interne (voir section 3.4.8).
- Incendie : la défaillance d'une machine tournante telle qu'une pompe qui contient un fluide inflammable (huile ou autre lubrifiant) peut initier un incendie. Ce risque est couvert dans les études sûreté incendie décrites à la section 3.4.7.

Aucun cumul d'agression externe ou interne ou d'un évènement initiateur (PCC), avec une défaillance de réservoir, pompe ou vanne n'est considéré.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

L'analyse de sûreté de la défaillance de réservoirs, pompes et vannes est la démonstration déterministe que la tranche a une protection satisfaisante contre un tel risque, c'est à dire que les exigences de sûreté citées dans la section 3.4.0 et le § 0. de la présente section sont atteintes.

2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

2.1.1. Initiateurs de l'agression et scenarii considérés

Conformément aux principes énoncés au § 1.1., les ruptures des réservoirs, pompes et vannes de niveau de qualité de conception et réalisation Q1 à Q3 sont exclues. Les conséquences des fuites de ces équipements ne sont pas analysées dans ce chapitre car elles sont couvertes par les conséquences des fuites et ruptures postulées sur les tuyauteries connectées à ces équipements étudiées dans le paragraphe 2 des sections 3.4.2 et 3.4.8.

Par conséquent, seules les défaillances des **réservoirs, pompes et vannes qui ne satisfont pas aux exigences de qualité de conception et réalisation Q1 à Q3** sont étudiées.

2.1.2. Nature des cibles et modes de dégradation

Le risque « Défaillance de réservoirs, pompes et vannes » est une agression interne. A ce titre, elle doit respecter les bases de conception issues des exigences de sûreté (cf. sections 3.4.0 et 3.4.1 du RDS).

Les cibles sont les équipements dont la perte est susceptible de remettre en cause ces exigences de sûreté.

Le mode de dégradation pour les réservoirs, pompes et vannes qui ne satisfont pas aux exigences de qualité de conception et réalisation Q1 à Q3 (conformément au § 1.2.) sont :

- Moyenne Energie : une rupture conduisant à une inondation.
- Haute Energie : une rupture conduisant aux mêmes effets que ceux considérés dans le cas de Rupture de Tuyauterie Haute Energie, dont l'inondation interne, avec en complément la possibilité d'émission de missiles.

2.1.3. Modélisation du phénomène

Cette agression constitue un initiateur des agressions internes décrites au § 2.1.2.. Les modélisations du phénomène sont donc détaillées dans les paragraphes 2.1.3 des sections traitant de ces agressions.

2.1.4. Dispositions valorisées

Cette agression constitue un initiateur des agressions internes décrites au § 2.1.2.. A ce titre, les dispositions valorisées sont détaillées dans les paragraphes 2.1.4 des sections traitant de ces agressions.

A titre d'exemple, pour l'inondation, des dispositions agressions telles que la détection ou l'isolement de l'inondation sont requises.

Des dispositions matérielles passives ont aussi été requises. Par exemple (cf. Réf [1]), des niveaux de réalisation équivalents à Q3 ont été valorisés pour un certain nombre d'équipements.

2.2. ANALYSE PAR BATIMENT

2.2.1. Analyse de sûreté dans l'îlot nucléaire

2.2.1.1. Réservoirs, pompes et vannes Moyenne Energie ne satisfaisant pas un niveau de qualité Q

Réservoirs sur circuits Moyenne Energie

D'après le § 2.1.2., seule l'inondation interne est étudiée en termes de conséquence. Les réservoirs contenant un gaz ne sont donc pas analysés dans cette partie.

Dans l'îlot nucléaire, les réservoirs contenant un liquide suivants sont Moyenne Energie et ne satisfont pas aux exigences de qualité de conception et réalisation Q1 à Q3 :

- dans le bâtiment réacteur : les [] réservoirs d'eau déminéralisée [] associés aux pompes primaires et les [] bouteilles de niveau [],
- dans le bâtiment combustible :
 - les [] réservoirs contenant des réactifs [] et les [] réservoirs antibélier [],
 - le réservoir de mélange d'acide borique REA [],
- dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde : [] ballons d'eau chaude [],
- dans les bâtiments diesels :
 - les [] réservoirs d'émulseur [] contenant de l'additif AFFF,
 - les [] cuves de stockage de fuel [] et les [] réservoirs de service de fuel journalier [] situés dans les diesels de secours SBO,
 - les [] réservoirs de stockage [],
 - les [] vases d'expansion d'eau [] appartenant au circuit d'eau de refroidissement du moteur diesel, situés dans les diesels de secours SBO.
- dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires :
 - les [] réservoirs d'eau [],
 - le réservoir de séparation des résines [],
- dans le bâtiment de traitement des effluents :
 - le réservoir d'eau glacée [],
 - le réservoir [] contenant de l'additif AFFF,
 - le réservoir d'eau de réfrigération [],
 - le réservoir de préparation de la soude [].

L'analyse du risque inondation menée au paragraphe 2 de la section 3.4.8 conclut à l'absence d'impact sur la sûreté suite à la vidange postulée de ces réservoirs dans les bâtiments concernés.

Pompes et vannes sur circuits Moyenne Energie

Les conséquences des défaillances de pompes et vannes sont couvertes par celles des fuites et ruptures postulées sur les tuyauteries connectées à ces équipements, étudiées dans l'analyse de sûreté du risque inondation interne détaillée dans le paragraphe 2 de la section 3.4.8.

2.2.1.2. Réservoirs, pompes et vannes Haute Energie ne satisfaisant pas un niveau de qualité Q

Les conséquences des défaillances de ces équipements haute énergie sont couvertes par celles des ruptures de tuyauteries Haute Energie connectées (paragraphe 2 des sections 3.4.2 et 3.4.8 pour les conséquences en terme d'inondation interne), sauf pour ce qui concerne les effets des éventuelles générations de missile. Par conséquent, seul le risque de génération de projectiles est analysé pour ces équipements.

Réservoirs sur circuits Haute Energie

Dans l'îlot nucléaire, seuls [] réservoirs sont Haute Energie et ne satisfont pas aux exigences de qualité de conception et réalisation Q1 à Q3 :

- les [] réservoirs d'air comprimé de démarrage [], situés dans les diesels de secours SBO,
- les [] réservoirs d'air comprimé [], situés respectivement dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires et le bâtiment de traitement des effluents, qui sont classés au titre du confinement (aucun matériel F1 n'est situé dans ces bâtiments).

Le bâtiment réacteur, le bâtiment combustible et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde ne contiennent aucun réservoir Haute Energie de niveau de qualité inférieur à Q3.

La démonstration de sûreté menée au titre du risque missile interne (paragraphe 2 de la section 3.4.4) prouve que la défaillance de ces réservoirs ne remet en cause ni la séparation en division, ni les redondances fonctionnelles ou la fonction de confinement du bâtiment.

Pompes sur circuits Haute Energie

En cas de défaillance d'une pompe, les dispositions de conception et de fabrication du matériel permettent de considérer que l'émission de missiles qui pourraient entraîner des conséquences inacceptables est exclue (paragraphe 1.1 de la section 3.4.4).

Vannes sur circuits Haute Energie

Le risque de génération de missiles pour les vannes Haute Energie ne satisfaisant pas un niveau de qualité Q a été analysé dans l'analyse de sûreté associée aux missiles internes (paragraphe 2 de la section 3.4.4). Celle-ci conclut que la défaillance de ces équipements ne remet en cause ni la séparation en division, ni les redondances fonctionnelles ou la fonction de confinement du bâtiment.

2.2.2. Analyse de sûreté dans l'îlot conventionnel

2.2.2.1. Réservoirs, pompes et vannes Moyenne Energie ne satisfaisant pas un niveau de qualité Q

Réservoirs sur circuits Moyenne Energie

Dans les bâtiments classés de l'îlot conventionnel, les réservoirs de moyenne énergie et qui ne satisfont pas aux exigences de qualité de conception/réalisation Q1 à Q3 sont les suivants :

- dans la station de pompage : la bache de stockage d'hypochlorite de sodium [] et la bache de stockage d'acide chlorhydrique [].
- dans l'ouvrage de rejet : le ballon de mise en surpression du réseau incendie [].

L'analyse du risque d'inondation interne menée au paragraphe 2 de la section 3.4.8 conclut à l'absence d'impact sur la sûreté suite à la vidange postulée de ces réservoirs dans les bâtiments concernés.

Pompes et vannes sur circuits Moyenne Energie

Les conséquences des défaillances de pompes et vannes sont couvertes par celles des fuites et ruptures postulées sur les tuyauteries connectées à ces équipements, étudiées dans l'analyse de sûreté du risque d'inondation interne détaillée dans le paragraphe 2 de la section 3.4.8

2.2.2.2. Réservoirs, pompes et vannes Haute Energie ne satisfaisant pas un niveau de qualité Q

Les circuits Haute Energie identifiés dans les ouvrages classés de l'îlot conventionnel véhiculent du gaz.

Réservoirs sur circuits Haute Energie

Il n'y a aucun réservoir Haute Energie dans les bâtiments classés de l'îlot conventionnel.

Pompes sur circuits Haute Energie

Il n'y a aucune pompe Haute Energie dans les bâtiments classés de l'îlot conventionnel.

Vannes sur circuits Haute Energie

Les conséquences des défaillances de ces équipements Haute Energie sont couvertes par celles des ruptures de tuyauteries Haute Energie connectées (paragraphe 2 des sections 3.4.2 et 3.4.8 pour les conséquences en terme d'inondation interne).

Le risque de génération de missiles pour les vannes Haute Energie et non classées Q est couvert par l'analyse de sûreté associée aux missiles internes (paragraphe 2 de la section 3.4.4). Celle-ci conclut que la défaillance de ces équipements ne remet en cause ni la séparation en division, ni les redondances fonctionnelles.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.3

PAGE 8/8

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES REFERENCES

[1] D305117002784 F – Liste des références et études applicables aux chapitres RDS
Agressions associés au DMES

SOMMAIRE

.3.4.4 MISSILES	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	3
0.2. APPROCHE DÉTERMINISTE / PROBABILISTE	3
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
1.1. CHOIX ET DESCRIPTION DES MISSILES	3
1.2. MESURES DE PROTECTION CONTRE LES MISSILES	4
1.3. PROTECTION CONTRE LES MISSILES PENDANT LES ÉTATS D'ARRÊT	4
1.4. PROCÉDURE DE CONCEPTION □	5
1.5. CUMULS	5
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	5
2.1. ELEMENTS DE MÉTHODOLOGIE	5
2.1.1. INITIATEURS ET SCENARII CONSIDÉRÉS	5
2.1.2. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION	5
2.1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	6
2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES	6
2.1.5. CAS PARTICULIER DU MISSILE TURBINE	6
2.2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES MENÉES DANS L'ÎLOT NUCLÉAIRE	7
2.2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR	7
2.2.2. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	9
2.2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE	10
2.2.4. BÂTIMENTS DIESELS	11
2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	12
2.2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	13
2.3. SYNTHÈSE DES ÉTUDES MENÉES DANS L'ÎLOT CONVENTIONNEL	14
2.3.1. STATION DE POMPAGE, OUVRAGE DE REJET ET GALERIES CLASSÉES	14
2.3.2. SALLE DES MACHINES	15



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.4

PAGE 2/17

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES REFERENCES. 17

.3.4.4 MISSILES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

Les objectifs de sûreté généraux, pour les agressions internes, sont indiqués à la section 3.4.0.

Deux sources de missiles sont postulées :

- 1) Les défaillances des matériels tournants,
- 2) Les défaillances des composants à Haute Energie.

Ces missiles peuvent causer des dommages sur les équipements ou sur les structures.

0.2. APPROCHE DÉTERMINISTE / PROBABILISTE

L'approche de la protection contre les missiles internes est essentiellement déterministe.

Cependant, l'approche de la protection contre des missiles issus d'une défaillance de la turbine est à la fois déterministe et probabiliste, selon la RFS I.2.b (voir [§ 0.3.](#)).

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

La règle fondamentale de sûreté RFS I.2.b "Prise en compte des risques d'émissions de projectiles par suite de l'éclatement des groupes turbo-alternateurs" s'applique à l'EPR.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. CHOIX ET DESCRIPTION DES MISSILES

Deux sources de missiles sont postulées :

- 1) La défaillance d'un matériel tournant,
- 2) La défaillance d'un composant à Haute Energie.

Missiles provenant d'une défaillance d'un matériel tournant

Des missiles peuvent être générés par des défaillances des composants rotatifs suivants :

- Pompes,
- Ventilateurs,
- Compresseurs,
- Moteurs électriques,
- Turbines.

En ce qui concerne les missiles provenant des pompes, une distinction est faite entre les pompes centrifuges et les pompes à piston.

Pour les pompes centrifuges, la plus grande partie de l'énergie stockée est de l'énergie de rotation. On peut supposer que les défaillances peuvent provenir de défauts dans les pièces en rotation ou de contraintes excessives. Toutefois, cette énergie n'est pas suffisante pour produire des missiles qui pourraient entraîner des dommages inacceptables. Pour les roues de pompe en particulier,

l'expérience des fabricants de pompes a démontré qu'un missile produit par une roue ne pénètre pas l'enveloppe de la pompe.

Ceci s'applique également aux pompes à piston, puisque ces dernières n'ont qu'une faible énergie de translation, ainsi qu'aux compresseurs et aux missiles provenant des moteurs électriques, puisque leur stator sert d'enveloppe de protection vis-à-vis d'un missile.

Une étude détaillée sur les ventilateurs en tant que missiles potentiels n'est pas nécessaire, en raison de leur faible énergie stockée.

Les cas des missiles provenant de la turbine dans la salle des machines et des missiles provenant du volant de la pompe primaire sont traités au [§ 2.](#)

Missiles provenant d'une défaillance d'un composant à Haute Energie

Les composants des systèmes à Haute Energie de type réservoir, pompe ou vanne sont analysés sous l'angle de leur potentialité à devenir des missiles (voir section 3.4.3) :

□

1.2. MESURES DE PROTECTION CONTRE LES MISSILES

Des mesures de protection contre les missiles sont prises pour les bâtiments suivants, en raison de leur importance vis-à-vis des objectifs de sûreté de la tranche :

- Le bâtiment réacteur,
- Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde,
- Le bâtiment combustible,
- Les bâtiments diesels,
- Le bâtiment de traitement des effluents,
- Le bâtiment des auxiliaires nucléaires,
- La station de pompage,
- L'ouvrage de rejet,
- Les galeries classées.

La mesure fondamentale de protection contre les missiles générés à l'intérieur d'un bâtiment est la séparation géographique entre divisions des différents trains des systèmes F1, y compris les systèmes auxiliaires associés et les systèmes d'alimentation en énergie et en fluides. Les divisions sont structurellement séparées par des murs de séparation. Ces barrières de béton empêchent les missiles générés à l'intérieur d'une division de pénétrer dans d'autres divisions. Si les matériels des différents trains sont installés dans des divisions différentes, les dommages à l'intérieur d'une division sont admissibles du point de vue de la sûreté.

□

1.3. PROTECTION CONTRE LES MISSILES PENDANT LES ÉTATS D'ARRÊT

Le raisonnement ci-dessus s'applique également aux états d'arrêt de la tranche. La vérification des dispositions prises pour l'installation (épaisseur des murs, des radiers) couvre également les états d'arrêt, □.

Une attention doit être portée aux sources de missile potentiellement dangereuses, introduites temporairement sur la tranche pendant les états d'arrêt.

1.4. PROCÉDURE DE CONCEPTION

□

Nota : □

1.5. CUMULS

Les règles générales applicables pour l'inventaire des cumuls des agressions internes et externes sont décrites à la section 3.4.0.

Un lien de causalité est envisagé avec les agressions suivantes, dans le sens où ces agressions pourraient engendrer un missile interne :

- □

□

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

L'analyse de sûreté du risque missile interne est la démonstration déterministe que la tranche est protégée de manière satisfaisante, en regard des exigences de sûreté décrites dans la section 3.4.0 et au § 0. de la présente section.

2.1. ELEMENTS DE MÉTHODOLOGIE

Des mesures de protection contre le risque missile ont été considérées pour les bâtiments classés C1 (cf. § 1.2.). L'analyse de sûreté du risque de missile interne vise à vérifier que ces mesures sont suffisantes contre un tel risque.

2.1.1. Initiateurs et scenarii considérés

Le référentiel identifie deux sources pouvant générer des missiles internes capables de menacer la sûreté de l'installation (cf. § 1.) :

- **Les matériels tournants** : les dispositions de conception décrites dans le § 1.1. permettant d'éliminer la plupart des cas d'émission de missiles par des matériels tournants□.

- **Les composants à haute énergie** : □

□

2.1.2. Nature des cibles et modes de dégradation

Le risque missile est une agression interne. A ce titre, les exigences de sûreté à respecter sont décrites dans la section 3.4.0.

D'après la section 3.4.1, les bases de conceptions et d'installation doivent être telles qu'une agression de type missile :

- n'empêche pas la réalisation de fonctions F1 même si elles ne sont généralement pas nécessaires après un tel événement,
- ne déclenche pas d'événement PCC-3/4 (dans la mesure du possible),
- ne compromet pas la séparation des divisions.

Tous les matériels, présents dans la zone d'impact du missile, et susceptibles de remettre en cause les bases de conceptions et d'installation sont considérés comme des cibles potentielles.

L'analyse des conséquences des missiles internes doit évaluer les dommages sur les équipements ou sur les structures en regard des exigences de sûreté et des règles d'étude décrites dans les sections 3.4.0 et 3.4.1.



Dans le cas où les conséquences d'un missile interne ne sont pas acceptables du point de vue de la sûreté, des dispositions complémentaires de protection contre les missiles sont mises en place.

2.1.3. Modélisation du phénomène



2.1.4. Dispositions valorisées dans les études

Des dispositions préventives sont décrites dans le [§ 1.2.](#)

L'acceptabilité de la perte des équipements considérés est analysée d'un point de vue fonctionnel. Les fonctions de sûreté F1 qui sont impactées sont identifiées, ainsi que les transitoires de type PCC qui sont susceptibles d'être initiés.

Une analyse fonctionnelle est réalisée selon les règles d'analyse de la section 3.4.0 pour déterminer si la perte de ces équipements est acceptable vis-à-vis de la sûreté. En cas d'initiation d'un transitoire de type PCC, il devra être démontré que la situation est gérable et qu'il est possible de ramener et de maintenir la tranche dans un état sûr.

Dans les cas où les conséquences d'un missile interne ne seraient pas acceptables en regard des exigences de sûreté, des dispositions de protection contre le risque de missile interne seront prises. Par exemple :



2.1.5. Cas particulier du missile turbine

L'agression « missile turbine » est définie comme le risque lié aux projectiles susceptibles d'être émis par suite d'éclatement des groupes turboalternateurs. Les études associées analysent d'une part la vraisemblance d'une rupture des lignes d'arbres, et d'autre part les conséquences inhérentes à l'émission de projectiles, notamment vis-à-vis de la sûreté des installations. La doctrine relative à l'analyse du risque « missile turbine » ne considère que les projectiles de grande énergie, négligeant ainsi ceux engendrés par les accidents sans éclatement de rotor. De plus, seuls les projectiles constitués par des fragments de rotors BP sont considérés compte tenu de leur valeur énergétique, le corps HP et l'alternateur ne pouvant engendrer de projectiles importants compte tenu notamment de l'épaisseur de leur stator.

Au titre des accidents avec éclatement d'un ou plusieurs rotors, les deux causes probables considérées à l'origine de ces éclatements sont :

- La rupture ductile en survitesse maximale (vitesse d'éclatement du rotor sain sur le plan métallurgique),
- La rupture fragile à une vitesse de rotation quelconque (propagation de défauts dans le rotor).

L'étude d'«agression» propre au risque missile turbine au regard de l'implantation d'une tranche EPR sur le site de Flamanville est réalisée conformément à la RFS I.2.b du 05/08/80 applicable (cf. sous-chapitre 1.7. du rapport de sûreté).

Les dispositions exigées par la RFS I.2.b à l'égard des risques de rupture fragile sont les suivantes :

- Une étude déterministe portée sur :

- Le contrôle de fabrication incluant en particulier la recherche de défauts de taille très inférieure aux défauts limites susceptibles d'entraîner la rupture d'un rotor à vitesse nominale,
 - Les dispositions d'exploitation prises limitant les transitoires susceptibles de propager cet effet ainsi que les risques de mise en survitesse.
- Une étude probabiliste vérifiant que :
- La probabilité qu'un projectile une fois émis provoque des conséquences inacceptables n'est pas en ordre de grandeur logarithmique significativement supérieure à 10^{-2} .

Les dispositions exigées par la RFS I.2.b à l'égard des risques de rupture ductile sont les suivantes :

- Un bon comportement du rotor et des ailettes pour des vitesses allant de 150 à 200 % de la vitesse nominale suivant le type de rotor,
- Une haute fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses,
- La mise en place d'un dispositif de surveillance des organes d'admission, destiné à en améliorer la fiabilité en décelant préventivement leurs défaillances,
- L'installation d'un dispositif de hiérarchisation du déclenchement du groupe qui en réduit encore le risque de montée en survitesse.

2.2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES MENÉES DANS L'ÎLOT NUCLÉAIRE

2.2.1. Bâtiment réacteur

2.2.1.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment réacteur est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment réacteur (BR) divisé en deux parties, le HRA et le HRB, abrite de nombreux systèmes assurant des fonctions de sûreté classées F1.

2.2.1.2. Cibles

Le bâtiment réacteur (BR) présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires. Ce bâtiment contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par missiles est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes ARE, RCP, RCV, RIS ou VVP.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur les systèmes PTR, RCP et VVP ([Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)).

2.2.1.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Les sources de missiles étudiées dans le bâtiment réacteur sont les suivantes :

□

2.2.1.4. Analyses fonctionnelles

2.2.1.4.1. Défaillance d'un volant d'une pompe primaire

Afin de prévenir les défaillances de type rupture avec génération de projectiles, le volant d'inertie d'une pompe primaire satisfait à des exigences rigoureuses concernant les matériaux utilisés, la conception, la fabrication et le contrôle :

□

Ainsi, toute défaillance du volant est exclue quelles que soient les conditions d'exploitation (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)).

2.2.1.4.2. Défaillance de vannes et réservoirs à Haute Énergie

COMPOSANTS À HAUTE ÉNERGIE NE SATISFAISANT PAS UN NIVEAU DE QUALITÉ MINIMAL Q3

Des vannes appartenant aux systèmes APG, SGN et SAT sont susceptibles de générer des missiles dans le bâtiment réacteur. En revanche, ce bâtiment ne contient aucun réservoir haute énergie de qualité de □.

L'analyse a démontré que l'éjection de ces vannes dans le bâtiment réacteur n'endommage pas :

- plus d'une redondance de fonction F1,
- une tuyauterie à exclusion de rupture ou de fuite appartenant aux systèmes RCP, VVP ou PTR,
- les paniers IRWST□ appartenant à la fonction de filtration du système RIS situés au niveau □.

En fonction de l'état de tranche considéré, l'éjection de certaines vannes SAT ou SGN peut conduire à des transitoires de type PCC 3/4 tels qu'une brèche isolable sur le circuit RIS en mode RRA (cf. sections 15.2.4q ou 15.2.4r) ou la défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k). Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ces PCC.

Par ailleurs, les calculs de perforation ont permis de vérifier que l'épaisseur des structures impactées est suffisante pour se protéger contre le risque de missile interne.

En conclusion, la conception du bâtiment réacteur est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

EVENTAIL CARACTÉRISTIQUE DE VANNES DE NIVEAU DE QUALITÉ Q1

En principe, les missiles générés par des pièces de vannes satisfaisant un niveau de qualité de conception et réalisation □. Néanmoins, les missiles représentatifs suivants, représentant un éventail caractéristique de vannes Q1 de masses et de localisation géographique différentes, et soumises à la pression du circuit primaire, sont étudiés à titre de robustesse : les soupapes de sûreté du circuit primaire montées sur le dessus du pressuriseur, la vanne d'isolement du circuit RCV et les vannes de plus grand diamètre du circuit RIS/RRA.

L'analyse a démontré que les dommages causés par l'éjection de ces vannes sur les structures et les équipements impactés ne remettent pas en cause les exigences de sûreté définies à la section 3.4.0 et au [§ 0.](#) de la présente section.

2.2.1.4.3. Grappes de contrôle

Une défaillance de l'enceinte du mécanisme de commande de grappes (MCG), pouvant provoquer l'éjection d'une grappe de commande n'est pas considérée comme crédible en raison des propriétés des matériaux, de la qualité de la construction et de l'épreuve hydraulique à laquelle est soumise l'enveloppe du mécanisme de commande.

□.

L'analyse du scénario accidentel permet de déduire la séquence d'événements suivante (le transitoire initié est étudié dans la section 15.2.4e) :

□

2.2.1.5. Parades fonctionnelles

Des transitoires de type PCC-3 et PCC-4 peuvent être initiées par l'éjection de certaines vannes. Cependant l'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a démontré que toutes ces situations peuvent être gérées et qu'il est possible de ramener et maintenir la tranche dans un état sûr.

2.2.2. Bâtiment combustible

2.2.2.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment combustible est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2. Il abrite de nombreux systèmes assurant des fonctions de sûreté classées F1.

Le bâtiment combustible est physiquement scindé en deux divisions de sûreté (jusqu'au niveau \square m inclus).

2.2.2.2. Cibles

Le bâtiment combustible (BK) contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par missiles est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN ou TEG.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur le système PTR ([Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)).

2.2.2.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Des vannes appartenant au système SED5 (partie haute pression) et aux systèmes gaz SAT et SGN sont susceptibles de générer des missiles dans le bâtiment combustible. En revanche, ce bâtiment ne contient aucun réservoir haute énergie de qualité de conception et réalisation inférieure à Q3.

2.2.2.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse a démontré que l'éjection de ces vannes dans le bâtiment combustible n'endommage pas plus d'une redondance de fonction F1 et n'affecte pas de tuyauterie PTR à exclusion de rupture et de fuite.

En fonction de l'état de tranche considéré, l'éjection de certaines vannes peut conduire à des transitoires de type PCC tels que l'APRP petite brèche en états A, B, C et D (15.2.3e et 15.2.4g) la rupture d'une ligne véhiculant du fluide primaire hors de l'enceinte (cf. section 15.2.3q), la perte d'un train de refroidissement PTR ou la rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (cf. sections 15.2.3s ou 15.2.3t). Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ces PCC. Concernant les transitoires 15.2.3e et 15.2.4g, la disposition organisationnelle décrite dans le [§ 2.2.2.5](#), permet d'éviter qu'ils soient générés.

Les calculs de perforation ont permis de vérifier que l'épaisseur des structures impactées est suffisante pour se protéger contre le risque de missile interne. Ainsi, l'éjection de missiles de ce type ne remet pas en cause la séparation en divisions du bâtiment.

En conclusion, la conception du bâtiment combustible est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.2.5. Parades fonctionnelles

Des transitoires de type PCC peuvent être initiées par l'éjection de certaines vannes. Cependant l'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a démontré que toutes ces situations peuvent être gérées et qu'il est possible de ramener et maintenir la tranche dans un état sûr. Concernant les transitoires 15.2.3e et 15.2.4g, la disposition organisationnelle suivante permet d'éviter tout risque de les générer :

- \square

2.2.3. Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde

2.2.3.1. Présentation du bâtiment

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont constitués de quatre divisions réparties autour du bâtiment réacteur.

2.2.3.2. Cibles

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et électriques (BAS/BL) abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur (BR) et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^{ème} file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI, et électriques. Ils contiennent également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par missiles est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, REN, VDA ou VVP ([Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)).

Les BAS 1 à 4 contiennent des tuyauteries à exclusion de rupture sur les systèmes VDA et VVP.

□

2.2.3.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Des vannes appartenant au système SED5 (partie haute pression), au système RRI (en interface avec le SIR) et aux systèmes gaz SAR, SAT et SGN sont susceptibles de générer des missiles dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde.

En revanche, ces bâtiments ne contiennent aucun réservoir haute énergie de qualité de conception et réalisation inférieure à Q3.

2.2.3.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse a démontré que l'éjection de certaines vannes SAR, SAT et SED5 induit potentiellement le PCC 15.2.2a et endommager plus d'une redondance de fonctions F1 associées aux systèmes DWL et RIS (suite à la perte d'un train RRI) dans les divisions 1 et 4 des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde. La perte des fonctions DWL ne remet pas en cause la sûreté de la tranche car l'agression susceptible de mener à la perte de ces fonctions n'initie pas de transitoire nécessitant leur disponibilité pour rejoindre l'état sûr. Quant à la perte de plusieurs redondances du système RIS, le risque vis-à-vis de la sûreté est acceptable puisqu'il reste assez de redondances pour garantir le repli de la tranche sous réserve des contraintes de maintenance décrites dans le [§ 2.2.3.5.](#)

En fonction de l'état de tranche considéré, l'éjection de certaines vannes peut conduire à des transitoires de type PCC-3 ou 4 tels que la perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (cf. section 15.2.3s) ou une brèche isolable sur le circuit RIS en mode RRA (cf. sections 15.2.4q ou 15.2.4r). Cependant, l'agression ne remet pas en cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ces PCC sous réserve des contraintes de maintenance décrites dans le [§ 2.2.3.5.](#)

Les calculs de perforation ont permis de vérifier que l'épaisseur des structures impactées est suffisante pour se protéger contre le risque de missile interne. Ainsi, l'éjection de missiles de ce type ne remet pas en cause la séparation en divisions de ces bâtiments.

Les tuyauteries VVP à exclusion de rupture situées dans les niveaux hauts des BAS 1 et 4 ne peuvent être endommagées par cette agression puisqu'il n'y a aucune source de missile à proximité.

Par ailleurs, l'habitabilité de la salle de commande principale □ est garantie en cas d'agression missile interne.

En conclusion, la conception des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.3.5. Parades fonctionnelles

L'analyse des conséquences des missiles internes sur l'installation dans les BAS a montré que les objectifs de sûreté sont vérifiés dans tous les cas à l'exception des certaines situations (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)). La mise en place des contraintes de maintenance suivantes est nécessaire afin de supprimer ces situations pour lesquelles l'état de repli ne pourrait être atteint :

- □
- □

2.2.4. Bâtiments diesels

2.2.4.1. Présentation du bâtiment

Les Bâtiments Diesels (BD) sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

Les bâtiments diesels sont au nombre de deux (abritant chacun deux divisions principales et une division de secours SBO). Ces bâtiments □, abritent plusieurs dispositifs redondants qui permettent d'assurer l'alimentation électrique de systèmes importants pour la sûreté de la tranche, notamment en cas de perte totale des sources électriques extérieures. La conception de ces bâtiments (séparation géographique et séparation en divisions) est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis des conséquences des agressions internes.

Les trois divisions présentes dans chacun des bâtiments diesel sont protégées par des murs afin qu'une agression interne dans une division ne se propage pas vers une autre. Chaque division représente une zone de feu de sûreté.

2.2.4.2. Cibles

Les Bâtiments Diesels (BD) contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement. Aucune agression par missiles d'un équipement ou d'une tuyauterie dans les BD n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

En outre, ces bâtiments n'abritent pas de tuyauteries à exclusion de rupture ou de fuite.

De plus, l'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a conclu à l'acceptabilité de la perte totale des matériels d'une division en terme de perte de fonction de sûreté F1 et à l'absence d'initiation de PCC 3-4 les bâtiments diesels.

Par conséquent, la base de conception qui reste à vérifier est la non remise en cause de la séparation en divisions de ces bâtiments (identique à la sectorisation incendie de sûreté) par la génération d'un éventuel missile interne.

2.2.4.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Dans ces bâtiments, les composants susceptibles de générer des missiles sont les vannes appartenant au système gaz SAT et aux circuits d'air comprimé des systèmes LHP/Q/R/S et LJP/S. Par ailleurs, chaque division diesel de secours SBO contient □ réservoirs haute énergie LJP/S □ contenant de l'air comprimé à □ bars et de niveau de qualité inférieur à Q3.

L'analyse de ces agresseurs doit démontrer que leur défaillance ne peut pas remettre en cause la séparation des divisions.

2.2.4.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse a démontré qu'une seule redondance de fonction F1 au maximum est perdue, et aucun transitoire de type PCC, RRC-A ou accident grave n'est généré de par la nature des systèmes présents dans ces bâtiments.

Par ailleurs, il a été vérifié que la séparation en division d'un bâtiment diesel n'est remise en cause par un missile potentiel (aucun missile n'est orienté vers les voiles assurant la séparation entre deux divisions de sûreté).

En conclusion, la conception des bâtiments diesels est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.4.5. Parades fonctionnelles

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) démontre que les objectifs de sûreté sont respectés. La mise en place de parades n'est pas nécessaire.

2.2.5. Bâtiment des auxiliaires nucléaires

2.2.5.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) est décrit dans le paragraphe 2.6 de la section 1.2.3.2.

Ce bâtiment est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.2.5.2. Cibles

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) ne contient aucune fonction F1 permettant de ramener et de maintenir le réacteur dans un état sûr suite à un transitoire de type PCC, et n'est pas constitué de divisions séparées. Il abrite néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par missiles est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes TEG, RCV, ou REN.

Par ailleurs, afin de ne pas remettre en cause le confinement du bâtiment, les conséquences d'un missile sur l'intégrité du radier doivent être étudiées.

Compte-tenu du faible potentiel énergétique des systèmes haute énergie présents dans la BAN et de l'épaisseur des voiles en périphérie du bâtiment (de \square m à \square m), le génie civil ne peut être perforé par un missile interne ([Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#)). Par conséquent, les seules cibles associées à la fonction de confinement qui feront l'objet d'une analyse sont :

- les registres de confinement appartenant aux systèmes de ventilation DWN et DFL,
- les portes participant à la fonction de confinement et celles situées en interface avec le BK et le BAS4.

2.2.5.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Les seuls missiles à considérer dans ce bâtiment sont issus de la défaillance de composants à haute énergie ne satisfaisant pas un niveau de qualité de conception et réalisation minimal Q3 :

- des vannes appartenant à des systèmes haute énergie tels que les systèmes SAT, SAR, SGN, SIR, TEG, TEP,
- un réservoir d'air comprimé \square .

2.2.5.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a montré qu'aucune source de missile potentiel n'est susceptible de remettre en cause le confinement statique du bâtiment.

En fonction de l'état de tranche considéré, un missile interne peut conduire dans certains locaux du bâtiment des auxiliaires nucléaires à des transitoires de type PCC 3, tels que la défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k). L'initiation de ces situations est pour la plupart inévitable du fait que l'évènement initiateur considéré constitue, par définition, un initiateur de transitoire de type PCC (par exemple : la défaillance d'une vanne haute énergie TEG). Cependant, l'agression ne remet pas cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ce PCC (situés en dehors du bâtiment des auxiliaires nucléaires).

En conclusion, la conception du bâtiment des auxiliaires nucléaires est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.5.5. Parades fonctionnelles

Des transitoires de type PCC-3 peuvent être initiées par l'éjection de certaines vannes. Cependant l'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a démontré que toutes ces situations peuvent être gérées par des moyens classés F1 situés en dehors du bâtiment.

2.2.6. Bâtiment de traitement des effluents

2.2.6.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment de traitement des effluents est décrit dans le paragraphe 2.9 de la section 1.2.3.2.

Ce bâtiment est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.2.6.2. Cibles

Le bâtiment de traitement des effluents (BTE) ne contient aucune fonction F1 permettant de ramener et de maintenir le réacteur dans un état sûr suite à un transitoire de type PCC, et n'est pas constitué de divisions séparées.

Par ailleurs, afin de ne pas remettre en cause le confinement du bâtiment, les conséquences d'un missile sur l'intégrité du radier doivent être étudiées.

Les seules cibles associées à la fonction de confinement qui feront l'objet d'une analyse sont :

- les registres de confinement appartenant aux systèmes de ventilation 8DWQ et 8DFL,
- les portes participant à la fonction de confinement.

2.2.6.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Les seuls missiles à considérer dans ce bâtiment sont issus de la défaillance de composants à haute énergie ne satisfaisant pas un niveau de qualité de conception et réalisation minimal Q3 :

- des vannes appartenant majoritairement aux systèmes SAT, SAR, SIR, SGN, TES, TEU, TEN,
- le réservoir d'air comprimé [].

2.2.6.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a montré qu'aucune source de missile potentiel n'est susceptible de remettre en cause le confinement statique du bâtiment.

En fonction de l'état de tranche considéré, un missile interne peut conduire dans certains locaux du bâtiment de traitement des effluents à la défaillance de circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux (cf. section 15.2.3k). Cependant, l'agression ne remet pas cause les hypothèses d'étude et les moyens de gestion de ce PCC (situés en dehors du bâtiment de traitement des effluents).

En conclusion, la conception du bâtiment des effluents est satisfaisante vis-à-vis du risque missile en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.2.6.5. Parades fonctionnelles

Le transitoire PCC-15.2.3k « défaillance des circuits de traitement des effluents liquides ou gazeux » peut être initié dans le BTE suite à la défaillance d'un équipement appartenant aux systèmes 8TES, 8TEU ou 8TEN. Cependant l'analyse portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[4\]](#) a démontré que toutes ces situations peuvent être gérées par des moyens classés F1 situés en dehors du bâtiment.

2.3. SYNTHÈSE DES ÉTUDES MENÉES DANS L'ÎLOT CONVENTIONNEL

2.3.1. Station de pompage, ouvrage de rejet et galeries classées

2.3.1.1. Présentation du bâtiment

La station de pompage, l'ouvrage de rejet et les galeries classées sont décrits dans la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.

2.3.1.2. Cibles

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. La division 1 contient également la redondance du système SRU permettant le refroidissement de la troisième file PTR, valorisée pour la gestion d'accident PCC. Chaque division de la station de pompage est connectée aux galeries classées appartenant à la même division de sûreté permettant la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU.

La station de pompage contient également des tuyauteries et des équipements dont l'endommagement peut potentiellement générer des transitoires incidentels ou accidentels dont l'analyse est couverte par celles des PCC. Les systèmes SEC, CFI, et DVP sont concernés. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

L'ouvrage de rejet, partie pré-rejet (HCB), abrite dans sa partie classée deux voies redondantes du système JAC (et son système support DVP).

L'ouvrage de rejet, partie rejet (HCA), abrite dans sa partie classée, les tuyauteries de rejet SEC et SRU (et leur système support DVP).

2.3.1.3. Initiateurs de l'agression

En station de pompage, ouvrage de rejet et galeries classées, des vannes haute énergie de qualité de conception et réalisation inférieure à Q3 appartenant aux systèmes gaz CRF, CTE, SAR et SAT sont susceptibles de générer des missiles. Il n'existe en revanche aucun cas de réservoir haute énergie dans ces bâtiments.

2.3.1.4. Analyses

Pour les missiles issus de la défaillance de ces vannes haute énergie dont la trajectoire peut rencontrer en premier obstacle un voile assurant la séparation entre trains, une étude de perforation est réalisée et démontre la non perforation des structures impactées (cf. [Réf \[2\]](#)). Ainsi, l'éjection de missiles de ce type ne remet pas en cause la séparation en divisions.

Lorsque des locaux comportent plusieurs redondances F1, la démonstration de sûreté consiste à vérifier que l'éjection d'une pièce de vanne ne peut pas agresser deux redondances. Les analyses montrent que les missiles potentiels générés par ces vannes ne sont pas orientés vers des matériels classés F1 (cf. [Réf \[2\]](#)). Par conséquent, l'éjection d'une pièce de vanne ne fait pas perdre plus d'une redondance F1.

Dans l'îlot conventionnel, aucun transitoire incidentel ou accidentel n'est généré suite à l'émission d'un missile issu de la défaillance d'une vanne haute énergie de qualité inférieure à Q3.

2.3.1.5. Parades spécifiques

Aucune parade particulière n'est valorisée pour la gestion de l'agression.

2.3.2. Salle des machines

2.3.2.1. Présentation du bâtiment

La salle des machines et son implantation vis à vis des autres ouvrages sont décrits dans la section 1.2.3 du Rapport de Sûreté.

2.3.2.2. Cibles

Les cibles considérées sont celles permettant le respect des objectifs de sûreté présentées dans la section 3.4.0. du rapport de sûreté et présentes sur l'ensemble du site de Flamanville 3. Le risque d'atteinte des matériels classés sur Flamanville 1 et 2 est également analysé (et inversement).

2.3.2.3. Initiateurs de l'agression

Le groupe turbo-alternateur, à l'origine de l'agression, est décrit dans le sous-chapitre 10.2 du Rapport de Sûreté.

2.3.2.4. Analyses

La synthèse de l'analyse est présentée dans la [Réf \[5\]](#).

2.3.2.4.1. Risques de rupture fragile

Les contrôles menés lors de la fabrication de la turbine ainsi que les études de mécanique de rupture des corps basse pression, montrent que la taille minimale des défauts contrôlables lors de la fabrication de la turbine est bien inférieure à celle des défauts limites susceptibles d'entraîner une rupture du rotor à vitesse nominale, sur toute sa durée de vie. Les cycles de contraintes utilisés pour la réalisation de ces études sont très enveloppes à ce qui est observé sur l'ensemble du parc nucléaire français.

En complément, une étude balistique est menée au niveau du site pour évaluer la probabilité d'atteindre une fonction de sûreté à protéger (sur Flamanville 1, 2 ou 3) en cas d'émission d'un projectile suite à l'éclatement d'un des trois groupes turbo-alternateurs. Les résultats de l'étude montre que, compte du risque annuel de chute d'un projectile sur une fonction de sûreté suite à l'éclatement d'un des trois groupes turbo-alternateur est conforme à l'exigence demandée par la RFS 1.2.b.

2.3.2.4.2. Risques de rupture ductile

- Analyse du bon comportement mécanique :
Les calculs élasto-plastiques appliqués sur le rotor BP de FA3 démontrent son bon comportement mécanique pour des vitesses supérieures à \square % de la vitesse nominale.
- Fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses :
Une analyse de Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité est réalisée sur les fonctions de protection du groupe turbo-alternateur contre les survitesses (cf. description dans le sous-chapitre 10.4 du Rapport de Sûreté). Les résultats de l'étude attestent de leur bonne fiabilité. Les mesures de vitesse sont redondées et surveillées en permanence.
En complément, des tests automatiques de déclenchement des chaînes de protection par survitesse ainsi que des essais de fermeture des organes d'arrêt et de réglages de la turbine sont réalisés périodiquement en exploitation.
- Mise en place d'un dispositif de surveillance des organes d'admission et installation d'un dispositif de hiérarchisation du déclenchement du groupe qui en réduit encore le risque de montée en survitesse :

Les tiges des organes d'admission HP sont instrumentées afin d'anticiper leur défaillance. En fonctionnement normal, le réseau agit comme un « frein » sur le GTA. La hiérarchisation du déclenchement du GTA a pour objectif la vérification automatique (GPA / Retour de puissance active) de l'absence de couple moteur venant de la turbine (image de la fermeture complète des organes d'admission GSE) avant déconnexion du réseau.

2.3.2.5. Parades spécifiques

Le respect du programme de surveillance des sécurités de la turbine en salle des machines ainsi que la réalisation d'essais périodiques en exploitation sont valorisés pour prévenir l'émission d'un missile turbine par survitesse.

LISTE DES REFERENCES

[1] ECEIG131520 B – Analyse de sûreté du risque de missiles internes dans l'îlot nucléaire de l'EPR FA3

[2] 23952SDP00016NT E – EPR FA3 – Projet agressions – Analyse de sûreté du risque missiles internes station de pompage, galeries classées et ouvrage de rejet

[3] D305116059908 ind. A – « Analyse fonctionnelle des conséquences de l'impact d'un missile interne sur les câbles dans l'îlot nucléaire (GESTEC) »

[4] D305117002784 ind. F – « Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES »

[5] D305214039548 A – Note de synthèse du risque d'agression missile turbine vis à vis de l'implantation d'une tranche EPR sur le site de Flamanville

SOMMAIRE

.3.4.5 COLLISIONS ET CHUTES DE CHARGES	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	3
0.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES	3
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
1.1. BASES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DE LA CHUTE	4
1.1.1. CLASSEMENT DES APPAREILS DE MANUTENTION	4
1.1.2. RÈGLES D'INSTALLATION	4
1.1.3. RÈGLES D'EXPLOITATION	4
1.2. BASES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DE LA COLLISION	5
1.2.1. RÈGLES D'INSTALLATION	5
1.2.2. RÈGLES D'EXPLOITATION	5
1.3. CUMULS	6
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	6
2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	6
2.1.1. INITIATEURS ET SCÉNARIIS CONSIDÉRÉS	6
2.1.2. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION	7
2.1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	7
2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES	7
2.2. SYNTHÈSE DES ANALYSES EFFECTUÉES POUR L'ÎLOT NUCLÉAIRE	8
2.2.1. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	8
2.2.2. BÂTIMENT RÉACTEUR	11
2.2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE	14
2.2.4. BÂTIMENTS DIESELS	15
2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES ET BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	16
2.3. SYNTHÈSE DES ANALYSES EFFECTUÉES POUR L'ÎLOT CONVENTIONNEL	17
2.3.1. STATION DE POMPAGE ET GALERIES	17



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 4.5

PAGE 2/21

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

2.3.2. OUVRAGE DE REJET	19
LISTE DES REFERENCES.	21

.3.4.5 COLLISIONS ET CHUTES DE CHARGES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

Les objectifs de sûreté généraux pour les agressions internes sont indiqués dans la section 3.4.0.

Une chute est définie comme étant une perte de la capacité à contrôler la hauteur de la charge au cours de sa manutention (axe vertical). La chute de la charge peut être considérée lors de son déplacement ou lors de son maintien statique en hauteur. Une collision est définie comme étant un heurt de la charge avec un matériel, une structure ou un bâtiment lors de ses déplacements au cours de sa manutention par un engin.

La collision et la chute de charge peuvent conduire à l'endommagement mécanique des équipements ou des structures situés dans la zone de manutention, et ceci en fonction des caractéristiques de la charge et de la résistance de l'équipement ou de la structure impactée.

La collision et la chute de charge peuvent également conduire à l'endommagement de la charge et ces événements doivent être pris en compte si la charge contient des substances radioactives (cas des assemblages combustibles).

0.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES

L'approche de protection contre la collision et la chute de charge est essentiellement déterministe. Les exigences de l'approche déterministe sont données à la section 3.4.0.

Dans le cadre de cette approche déterministe :

- Une chute ou une collision sont postulées au cours d'une manutention sauf si des éléments permettent de justifier qu'un tel événement peut être exclu par des dispositifs adaptés. La chute ou collision ne concerne qu'un équipement à la fois.
- La collision ou la chute de charge sont supposées survenir pendant tous les états de fonctionnement normal de la tranche (pour les états tranche en marche ou tranche à l'arrêt).

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

- Directives techniques. Le §F1.2.6 concerne les chutes de charge.
- Arrêté INB du 7 février 2012. L'article 3.5 liste les collisions et chutes de charges parmi les agressions internes à considérer dans la démonstration de sûreté.

1. BASES DE CONCEPTION

La protection contre la collision et la chute de charge se fonde sur les mesures suivantes :

- Le classement des appareils de manutention et les exigences associées (voir sous-chapitre 3.2),
- Les règles d'installation ou de conception des cibles potentielles,
- Les règles d'exploitation des appareils de manutention.

1.1. BASES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DE LA CHUTE

1.1.1. CLASSEMENT DES APPAREILS DE MANUTENTION

Le classement d'un appareil de manutention résulte d'une analyse de risques à la conception évaluant les conséquences d'une chute de charge postulée lors de sa manutention. Les conséquences d'une chute de charge sont considérées comme étant :

- Inadmissibles, si cela peut entraîner :

- Un accident de criticité ou,
- Une perte de fonction d'extraction de puissance résiduelle ou,
- Un dégagement de radioactivité entraînant une exposition à la radiation à proximité de la tranche dépassant les limites radiologiques associées aux accidents PCC 4.

L'appareil de manutention est alors classé « exigences accrues » ou « Haute sécurité – niveau 1 ». Ces exigences accrues permettent d'exclure une chute de charge.

- Graves, si cela peut entraîner :

- Un dégagement non-isolable de fluide primaire dans l'enceinte ou,
- Une perte de redondance affectant un système classé F1 (les systèmes F1 sont définis au sous-chapitre 3.2),
- Un dégagement de radioactivité entraînant une exposition à la radiation dans la tranche qui affecte le zonage.

L'appareil de manutention est alors classé « exigences additionnelles » ou « Haute sécurité – niveau 2 ».

Les autres appareils de manutention ne sont pas classés Haute Sécurité. La chute de charge postulée n'entraîne aucun dégagement radiologique ou entraîne des dégagements radiologiques mineurs dans la tranche, ce qui n'affecte pas le zonage de radiation.

1.1.2. RÈGLES D'INSTALLATION

Pour les appareils de manutention « Haute sécurité - niveau 1 », la chute de charge est exclue.

Pour les appareils de manutention classés « Haute sécurité - niveau 2 », la chute de charge n'est pas exclue. Elle est donc à étudier. La chute de charge ne doit pas entraîner de conséquences inadmissibles (voir § 1.1.1.) étant donné l'aménagement du bâtiment et la conception des systèmes concernés.

Pour un appareil de manutention non classé Haute Sécurité, la chute de charge n'est pas exclue, elle ne doit pas conduire à des conséquences graves ou inadmissibles (voir § 1.1.1.).

La possibilité de chute de petites charges (par exemple, vannes, petits moteurs) doit être envisagée lors de la conception des bâtiments (prise en compte des charges uniformes maximum admissibles non-permanentes).

Quand ces règles d'installation ne sont pas suffisantes pour assurer le respect des bases de conception de la section 3.4.1, une analyse fonctionnelle est menée pour démontrer l'atteinte des objectifs de sûreté.

1.1.3. RÈGLES D'EXPLOITATION

Outre les exigences de qualité et de suivi en exploitation (voir sous-chapitre 3.2) nécessaires pour les appareils de manutention afin d'exclure la chute de charge ou de la rendre plus improbable, des règles d'exploitation de ces appareils sont mises en œuvre, de manière à :

- Réduire les périodes d'exploitation des appareils de manutention,
- Limiter les hauteurs de levage,
- Prescrire les transports de charges lourdes en :
 - Planifiant les parcours pour utiliser les chemins les plus courts possibles et optimiser les durées de manutention des charges,
 - Evitant le déplacement de charges lourdes vers des emplacements critiques, notamment à l'aide d'interverrouillages,
 - Limitant autant que possible les temps d'arrêts au-dessus d'emplacements critiques (exemple : piscine du réacteur),
 - Autorisant le survol de la piscine réacteur uniquement lorsque l'intervention l'exige.

Cette approche est appliquée à tous les états de la tranche.

1.2. BASES DE CONCEPTION VIS-À-VIS DE LA COLLISION

1.2.1. RÈGLES D'INSTALLATION

Pour les engins dont la charge peut se déplacer selon une aire de circulation définie en tenant compte du risque de heurt et verrouillée de manière automatisée, alors la collision est exclue.

Pour les autres engins, la collision doit être étudiée. Les objectifs de l'étude déterministe sont présentés à la section 3.4.0.

Compte-tenu des études menées vis-à-vis des risques de chute de charge lors de sa manutention, il pourra être considéré le cas échéant que les études à mener vis-à-vis des risques de collision sont couvertes pour la zone de manutention à l'aplomb du chemin de manutention et seuls des compléments d'études vis-à-vis des limites de zones de manutention pourront être apportés.

Pour prévenir la remise en cause des objectifs de sûreté à la suite d'une collision, des dispositifs peuvent être prévus :

- Au niveau des engins afin de prévenir la collision :
 - Limitation des mouvements horizontaux,
 - Limitation des vitesses de déplacements de la charge,
 - Limitation des risques de collision entre engins,
 - Amélioration de la visibilité de l'opérateur au poste de conduite.
- Au niveau de l'installation afin de protéger les cibles de sûreté potentielles.

Quand ces règles d'installation ne sont pas suffisantes pour assurer le respect des bases de conception de la section 3.4.1, une analyse fonctionnelle est menée pour démontrer l'atteinte des objectifs de sûreté.

1.2.2. RÈGLES D'EXPLOITATION

Les dispositifs valorisés dans la démonstration de sûreté pour prévenir la collision de charge lors de sa manutention font l'objet d'exigences de qualité et de suivi en exploitation appropriés (maintenance et si besoin essais périodiques par exemple).

En complément des règles présentées au [§ 1.1.3.](#), des règles d'exploitation des appareils sont mises en œuvre en tenant compte des cibles de sûreté potentielles :

- Adaptation de la hauteur de levage,

- Définition des parcours de manutention,
- Planification des opérations de manutention en fonction du requis des cibles potentielles.

1.3. CUMULS

Les règles générales applicables pour l'inventaire des cumuls des agressions internes et externes sont décrites à la section 3.4.0.

L'objectif recherché en priorité vis-à-vis des risques de collision et de chute de charge est la prévention de l'événement. En particulier, des dispositions sont prises vis-à-vis des agressions suivantes :

- Séisme : les appareils de manutention classés Haute Sécurité pour raisons de sûreté sont dimensionnés au séisme de dimensionnement à vide et en charge ce qui permet d'exclure la chute de charge en cas de séisme de dimensionnement.
- Chute d'avion : les effets des vibrations à la suite d'une chute d'avion sur la coque avion étant considérés comme couverts par les effets du séisme, la chute de charge induite par une chute d'avion est exclue pour les engins de manutention HS situés dans des bâtiments [].

Aucun cumul indépendant d'agression externe ou interne, ou d'un événement initiateur (PCC), avec une collision ou une chute de charge, n'est considéré.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

L'analyse de sûreté des chutes et collisions de charges est la démonstration déterministe de la non remise en cause des objectifs de sûreté de l'installation par ce risque. Ce chapitre traite des chutes et collisions de charges manutentionnées par les engins de manutention. La chute des engins de manutention et la collision des moyens de transport du combustible ne sont pas traitées dans la présente section.

Cette analyse de sûreté a été effectuée en conformité avec l'Arrêté INB du 7 février 2012 (Cf. [§ 0.](#)).

L'analyse de sûreté a été menée selon les règles d'analyses définies dans le paragraphe 2 de la section 3.4.0, en particulier en considérant le critère de défaillance aléatoire.

2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

2.1.1. Initiateurs et scénarii considérés

La chute ou collision de charge survient lorsque la position de la charge n'est plus contrôlée. Cet événement peut être postulé sur tout type d'engins de levage : anneaux de levage, monorail, pont roulant, potence. La chute ou la collision peut être liée à une erreur humaine ou une à défaillance du matériel.

Conformément au [§ 1.1.1.](#), la chute de charge est exclue pour les appareils classés « haute sécurité – niveau 1 » uniquement. Pour les autres appareils, les conséquences d'une chute de charge sont systématiquement analysées.

Conformément au [§ 1.2.1.](#), la collision est exclue pour tous les engins dont la charge peut se déplacer selon une aire de circulation définie en tenant compte du risque de heurt et verrouillée de manière automatisée. Pour les autres appareils, les conséquences d'une collision sont systématiquement analysées.

Dans le cas où la chute ou la collision est postulée sur un engin de manutention, elle ne peut concerner qu'un seul équipement à la fois.

2.1.2. Nature des cibles et modes de dégradation

La chute ou la collision de charge est une agression interne. A ce titre, les exigences de sûreté à respecter sont décrites dans la section 3.4.0.

D'après la section 3.4.1, les bases de conceptions et d'installation doivent être telles qu'une agression de type chute ou collision de charge :

- n'empêche pas la réalisation de fonctions F1, même si elles ne sont généralement pas nécessaires après un tel événement,
- ne déclenche pas d'événement PCC-3/4 (dans la mesure du possible),
- ne compromet pas la séparation des divisions.

Tous les matériels, présents dans le volume d'impact de la charge manutentionnée, et susceptibles de remettre en cause les bases de conceptions et d'installation sont considérés comme des cibles potentielles.

En première approche, toutes les cibles présentes dans le volume d'impact sont alors considérées perdues (inopérables et non intègres). En seconde approche, la robustesse de l'équipement vis-à-vis de l'impact considéré peut être valorisée.

Les éléments du génie civil (voiles, planchers) doivent être également considérés comme des cibles potentielles lorsque la chute ou la collision d'une charge peut remettre en cause une exigence de sûreté. Il s'agit principalement de s'assurer que la chute ou la collision d'une charge ne remet pas en cause la rétention par cuvelage qui participe à la fonction de confinement radiologique ou la séparation des divisions.

De même, les câbles sont considérés comme des cibles potentielles lorsqu'ils sont situés dans le volume d'impact d'une charge. Le mode de dégradation considéré est alors la perte d'intégrité du câble entraînant la perte de l'opérabilité de l'aboutissant fonctionnel associé. L'analyse des modes communs relative à l'agression des liaisons électriques fait l'objet d'études spécifiques (voir [Réf \[8\]](#) et [Réf \[9\]](#)).

2.1.3. Modélisation du phénomène

Le volume d'impact correspond à la zone de manutention de la charge. Cette zone contient l'ensemble des zones accessibles par la charge lors de son levage et de son éventuelle translation.

Le volume d'impact est défini par :

- les dimensions de la charge, auxquelles on rajoute un facteur de marge,
- la hauteur maximale de manutention,
- le sol du local.

Pour les engins ayant des mouvements horizontaux, le volume est augmenté pour prendre en compte les collisions liées au basculement de la charge lors de sa translation (effet de pendule). La justification de la tenue des éléments de génie civil à l'impact d'une charge est réalisée conformément à l'ETC-C et à l'Eurocode 2.

2.1.4. Dispositions valorisées dans les études

Des dispositions préventives sont valorisées par l'application des règles d'installation des équipements de manutention décrites dans le [§ 1.1.2.](#) pour la chute de charge, et dans le [§ 1.2.1.](#) pour la collision.

La démonstration de sûreté est basée sur le fait que le risque de chute ou collision de charge ne se présente qu'en phase de maintenance, quand le composant manutentionné n'est pas requis au titre de la sûreté. De plus la manutention de la charge nécessite parfois que des opérations préalables

soient réalisées, ce qui limite de fait les configurations dans lesquelles la chute ou collision pourrait survenir. L'analyse des conséquences des chutes et collisions de charge tient compte des configurations considérées.

Dans le cas où des cibles sont identifiées dans le volume d'impact, l'acceptabilité vis-à-vis des objectifs définis au 3.4.0 de la perte de ces équipements est démontrée via une analyse fonctionnelle. Dans les cas où les conséquences d'une chute ou collision de charge ne sont pas acceptables en regard des exigences de sûreté, des dispositions palliatives sont prises comme :

- la spécification des configurations de tranche ou de système autorisant la maintenance du matériel,
- la limitation des zones d'utilisation des matériels de levage (axe horizontal),
- la limitation de la hauteur de levage (axe vertical).

2.2. SYNTHÈSE DES ANALYSES EFFECTUÉES POUR L'ÎLOT NUCLÉAIRE

2.2.1. Bâtiment combustible

2.2.1.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment combustible (BK) est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2.

Plus particulièrement, en ce qui concerne la chute de charge et la collision, le bâtiment est séparé en deux divisions (1 et 4) :

- la division 1 est relative à la gestion du combustible nécessitant des matériels de levage adaptés (introduction, emballage, stockage et évacuation),
- la division 4 est relative à la gestion du matériel, avec notamment l'introduction de matériel via la tour de manutention vers la zone de dépose devant l'accès matériel du bâtiment réacteur.

Les engins de manutention fixes du bâtiment combustible sont :

- le pont auxiliaire classé Haute Sécurité 1,
- des engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité 2,
- des engins non classés.

Il existe également trois outils de manutention mobiles utilisés par l'intermédiaire du pont auxiliaire. L'outil de manutention du combustible neuf est classé Haute Sécurité 1, les outils de manutention du combustible usé et de manipulation des grappes sont classés Haute Sécurité 2.

2.2.1.2. Cibles

Le bâtiment combustible (BK) contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par collision ou chute de charge est susceptible de générer des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN ou TEG.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur le système PTR.

Le radier du bâtiment combustible est également une cible au regard de la fonction de rétention par cuvelage qu'il assure. Cependant, pour ce bâtiment, aucune configuration de chute ou de collision de charge ne pourrait remettre en cause l'intégrité du radier (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)).

2.2.1.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

2.2.1.3.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Le pont auxiliaire est situé au-dessus de la piscine de stockage. Pendant la phase d'exploitation, le pont auxiliaire est utilisé pour manutentionner :

- les assemblages de combustible neufs UO₂,
- le batardeau de la fosse d'évacuation du combustible usé ou du compartiment de transfert,
- les assemblages de combustible ainsi que les grappes en cas d'indisponibilité du pont perche par le biais des outils de manutention,
- le conteneur de transport du combustible neuf UO₂ ou MOX.

Cet engin est classé Haute Sécurité 1, à ce titre la chute de charge est exclue sur la durée de vie de la tranche.

Concernant la manutention du batardeau, au titre de la robustesse, un système est mis en place afin d'exclure le basculement du batardeau dans la piscine de désactivation en cas de défaillance de la chaîne cinématique du pont auxiliaire. Le système est composé de deux broches verticales, installées sur chacune des faces du batardeau, et de deux coulisseaux, installés sur le chariot du pont auxiliaire.

Les engins de manutention suivants sont classés Haute Sécurité de niveau 2 (Cf. tableau 3.2.2 TAB 3) :

- Dispositif de transfert*,
- Pont perche*,
- Descenseur*,
- Treuil du couvercle en fosse de chargement,
- Station de manutention du bouchon biologique,
- Dispositif d'accostage sous la pénétration,
- Machine de transfert de l'emballage de combustible irradié (système DMK hors partie fluide),
- Outil de manutention des grappes de combustible*,
- Outil de manutention du combustible usé*,
- Pont lourd qui permet le basculement des conteneurs de combustibles irradiés dans la tour de manutention (classé pour raisons économiques).

Seuls les engins de manutention suivis d'une étoile manipulent du combustible sous eau dans la piscine BK.

2.2.1.3.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Les engins non classés sont des anneaux de levages, des monorails, des potences murales et des ponts roulants, parmi eux :

- Le pont du hall matériel qui permet de manutentionner des gros composants dans le hall matériel.

Les engins de manutention non classés ne répondent pas aux critères de classement Haute Sécurité 1 ou Haute Sécurité 2. Par conséquent, une étude a été menée sur l'ensemble des engins de levage. Les cibles classées ont été identifiées ainsi que les transitoires de type PCC potentiellement générés. La chute et la collision de charge sur des tuyauteries à exclusion de rupture ont aussi été considérées.

2.2.1.4. Analyses

2.2.1.4.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Par conception, le pont auxiliaire (classé Haute Sécurité de niveau 1) ne peut pas effectuer simultanément des mouvements verticaux et horizontaux (Cf. paragraphe 4.2.2 de la section 9.1.4), ainsi le risque de collision horizontale durant les phases de levage peut être écarté. De plus, l'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre qu'aucune cible ne peut être atteinte par collision lors de mouvements horizontaux d'une charge avec le pont auxiliaire.

Concernant les engins de manutention classés Haute Sécurité de niveau 2, ils sont conçus pour éviter la chute et la collision de l'assemblage combustible manutentionné. Cependant, leur fiabilité intrinsèque ne permet pas d'exclure ce risque sur la durée de vie de la tranche.

Il est démontré au travers des études d'accidents de référence (Cf. section 15.2.4m) que le transitoire de type PCC4m "accident de manutention du combustible" ne conduit pas à des conséquences inacceptables sur la sûreté de l'installation en terme de criticité et de conséquences radiologiques (Cf. paragraphe 4.12 du sous-chapitre 15.3).

L'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre que, compte tenu des types d'engins et de leurs zones de manutention, il n'y a pas de risque de chute ou collision de charge associé à l'utilisation des dispositifs suivants :

- Dispositifs n'effectuant pas d'opérations de levage :
 - Dispositif de transfert,
 - Treuil du couvercle en fosse de chargement,
 - Dispositif d'accostage sous la pénétration,
 - La machine de transfert de l'emballage de combustible irradié (DMK).
- Dispositifs pour lesquels aucune cible de sûreté n'est placée dans la zone de manutention :
 - Descenseur,
 - Station de manutention du bouchon biologique.

Les autres engins (pont perche et outils de manutentions mobiles) effectuent des opérations de manutention sous eau, dans la piscine de désactivation. L'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre que lorsque des équipements classés peuvent être impactés par une chute ou collision de charge, ces derniers sont suffisamment éloignés de leurs redondances pour ne pas remettre en cause la sûreté de l'installation. Il n'y a donc pas de risque de perte de plus d'une redondance F1 due à une chute ou collision de charge manutentionnée par l'un de ces engins de manutention.

2.2.1.4.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

La séparation géographique des redondances et la prise en compte de la configuration de l'installation dans la phase de manutention considérée ont permis d'éliminer une grande partie des conséquences des chutes et collisions de charges.

Ainsi, dans la plupart des cas, la chute ou collision de charge n'engendre pas d'indisponibilité de plus d'une redondance de fonction F1. Le cas échéant, la perte d'une fonction F1 par agression est acceptable lorsqu'elle n'est pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés. Les études [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) ont montré que pour chacun des cas de perte de fonction F1 par chute de charge, celle-ci n'était pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés.

De même, dans la plupart des cas où un transitoire de type PCC est susceptible d'être généré, les moyens restant à disposition permettent de le gérer, de rejoindre et de maintenir un état sûr.

Quelques situations peuvent toutefois générer des transitoires de type PCC qui ne pourraient pas être gérés dans certains états de tranche. Ces cas sont listés ci-dessous. Des dispositions particulières

(identifiées dans le paragraphe suivant) doivent alors être appliquées permettant de gérer ces transitoires voire de supprimer le risque d'initiation :

- la chute d'une vanne RPE peut impacter les systèmes RBS et RCV, et ainsi potentiellement générer le transitoire PCC 15.2.2s. Dans les états A à E, ce transitoire ne peut pas être géré avec les équipements restant disponibles,
- la chute d'une autre vanne RPE peut impacter des vannes d'isolement enceinte et les systèmes RCV, REN, PTR et RRI, et ainsi potentiellement générer les transitoires PCC 15.2.2s, 15.2.3e et 15.2.4g. Dans les états A à E, ces transitoires ne peuvent pas être gérés avec les équipements restant disponibles,
- en cas de manutention sur du matériel d'un des communs B d'un train RRI, une chute peut impacter des matériels appartenant aux deux communs B les rendant alors indisponibles, et ainsi potentiellement générer les transitoires PCC 15.2.2x et 15.2.3s. Dans les états A à E, ces transitoires ne peuvent pas être gérés avec les équipements restant disponibles.

Dans cadre du scénario de la chute ou d'une collision d'un emballage de combustible irradié dans la tour de manutention :

D'après les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#), la conception du pont lourd permet de limiter la hauteur de levage de l'emballage à 8 mètres. Dans le cas enveloppe d'une chute de 8 mètres sur une dalle rigide d'un emballage TN13/2 :

- l'intégrité mécanique de l'emballage est conservée,
- les alvéoles contenant les assemblages conservent leur géométrie,
- l'étanchéité de l'emballage est assurée.

Ainsi la chute d'un emballage ne remet pas en cause sa fonction de confinement radiologique. De plus, le pont lourd est situé dans la tour de manutention qui ne contient pas d'équipement classé F1, ni d'équipement dont la rupture pourrait générer un transitoire de type PCC3/4.

2.2.1.5. Parades spécifiques

2.2.1.5.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) démontre que les objectifs de sûreté sont respectés. La mise en place de parades n'est pas nécessaire.

2.2.1.5.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Lorsqu'un risque a été identifié, les dispositions organisationnelles suivantes ont été mise en place :

- des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines maintenances. Ainsi certaines vannes RPE ne peuvent être manutentionnées qu'en état F.
- les matériels des communs RRI 1B et 2B ne peuvent être manutentionnés qu'après l'isolement du commun associé. Cette opération de manutention ne doit être réalisée qu'en états E ou F.
- des limitations de hauteurs de levage ont été mises en place pour prévenir le risque de collision.

La mise en place de disposition active ne s'est pas révélée nécessaire pour faire face aux conséquences d'une chute ou d'une collision de charge dans le bâtiment combustible (BK).

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) a permis de montrer, pour l'ensemble des engins de manutention non classés du bâtiment combustible, qu'une chute ou collision de charge ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté après mise en place de parade le cas échéant.

2.2.2. Bâtiment réacteur

2.2.2.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment réacteur (BR) est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment réacteur (BR) présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires.

Les engins de manutention fixes du bâtiment réacteur sont :

- le pont polaire, classé Haute sécurité 1 (Cf. [§ 1.1.3.](#)),
- la machine de chargement et le dispositif de transfert classés Haute Sécurité 2 pour raison de sûreté,
- des engins de levage et de manutention non classés.

L'outil de manutention du combustible utilisé classé Haute Sécurité 2 pour raison de sûreté est également utilisé dans le bâtiment réacteur par l'intermédiaire du pont polaire.

2.2.2.2. Cibles

Ce bâtiment contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par collision ou chute de charge est susceptible de générer des transitoires de type PCC comme les systèmes ARE, RCP, RCV, RIS ou VVP.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite ou rupture sur les systèmes PTR, RCP et VVP.

Le radier du bâtiment combustible est également une cible au regard de la fonction de rétention par cuvelage qu'il assure. Cependant, pour ce bâtiment, aucune configuration de chute ou de collision de charge ne pourrait remettre en cause l'intégrité du radier (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)).

2.2.2.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

2.2.2.3.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Le pont polaire est situé directement sous le dôme du bâtiment réacteur. En exploitation, il est utilisé pendant les opérations de déchargement du combustible, pour la manutention du couvercle de la cuve et d'autres équipements et outils.

Les trois dispositifs de levage du pont polaire (320 T, 35 T et 5 T) sont classés Haute Sécurité 1, la fiabilité de l'engin permet d'exclure les chutes de charges par conception.

Les engins de manutention classés Haute Sécurité de niveau 2 du bâtiment réacteur (Cf. tableau 3.2.2 TAB 3) sont les suivants :

- Machine de chargement,
- Dispositif de transfert,
- Outil de manutention du combustible utilisé.

Tous ces engins de manutention manipulent du combustible sous eau dans la piscine du bâtiment réacteur.

2.2.2.3.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Les engins non classés sont des anneaux de levages, des monorails et des potences murales. Les plates-formes élévatrices [], ne soulevant pas de charge, ne font pas partie des agresseurs pour la chute ou collision de charge. Il en est de même pour les dalles amovibles qui ferment les trémies de manutention [].

Les engins de manutention non classés ne répondent pas aux critères de classement Haute Sécurité 1 ou Haute Sécurité 2. Par conséquent, une étude a été menée sur l'ensemble des engins de levage. Les cibles classées ont été identifiées ainsi que les transitoires de type PCC potentiellement générés. La chute et la collision de charge sur des tuyauteries à exclusion de rupture ont aussi été considérées.

2.2.2.4. Analyses

2.2.2.4.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Par conception, le pont polaire (classé Haute Sécurité de niveau 1) ne peut pas effectuer simultanément des mouvements verticaux et horizontaux (Cf. paragraphe 4.2.2 de la section 9.1.4), ainsi le risque de collision horizontale durant les phases de levage peut être écarté. De plus, l'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre que le risque associé à la collision de charge lors de mouvements horizontaux peut être écarté.

Concernant les engins de manutention classés Haute Sécurité de niveau 2, ils sont conçus pour éviter la chute et la collision de l'assemblage combustible manutentionné. Cependant, leur fiabilité intrinsèque ne permet pas d'exclure ce risque sur la durée de vie de la tranche. Il est démontré au travers des études d'accidents de référence (Cf. section 15.2.4m) que le transitoire de type PCC 4m "accident de manutention du combustible" ne conduit pas à des conséquences inacceptables sur la sûreté de l'installation en terme de criticité et de conséquences radiologiques (Cf. paragraphe 4.12 du sous-chapitre 15.3).

L'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre qu'il n'y a pas de risque de chute ou collision de charge associé à l'utilisation du dispositif de transfert puisque celui-ci n'effectue pas d'opérations de levage.

Les autres engins (machine de chargement et outils de manutention du combustible utilisé) effectuent des opérations de manutention sous eau, dans la piscine du BR. L'étude (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) montre que les cibles potentiellement impactées par une chute ou collision de charge ne sont pas requises durant la manutention.

2.2.2.4.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

La séparation géographique des redondances et la prise en compte de la configuration de l'installation dans la phase de manutention considérée ont permis d'éliminer une grande partie des conséquences des chutes et collisions de charges.

La chute ou collision dans le BR de charge n'engendre jamais l'indisponibilité de plus d'une redondance de fonction F1.

Dans le cas où un transitoire de type PCC est susceptible d'être généré, les moyens restant à disposition permettent toujours de le gérer et de rejoindre l'état sûr.

▣ des tuyauteries à exclusion de fuite PTR de fond de piscine, en amont de la première vanne d'isolement. Le simple levage de la vanne présente un risque pour des tuyauteries étant donné la position de la vanne. Ce cas a fait l'objet d'une étude particulière de mécanique dynamique qui a permis de démontrer que les tuyauteries sont suffisamment robustes pour que leur intégrité ne soit pas remise en question par la chute de cette vanne.

2.2.2.5. Parades spécifiques

2.2.2.5.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) démontre que les objectifs de sûreté sont respectés. La mise en place de parades n'est pas nécessaire.

2.2.2.5.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Lorsqu'un risque a été identifié, une limitation de la hauteur de levage est requise afin de prévenir le risque de collision.

La mise en place de disposition active ne s'est pas révélée nécessaire pour faire face aux conséquences d'une chute ou d'une collision de charge dans le BR.

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) a permis de montrer, pour l'ensemble des engins de manutention non classés du bâtiment réacteur, qu'une chute ou collision de charge ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté (après mise en place de parade le cas échéant).

2.2.3. Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde

2.2.3.1. Présentation du bâtiment

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

Les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegardes (BAS) ne contiennent que des engins de manutention non classés.

2.2.3.2. Cibles

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et électriques (BAS/BL) abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur (BR) et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3ème file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI, et électriques. Ils contiennent également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par collision ou chute de charge est susceptible de générer des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, REN, VDA ou VVP.

Les BAS 1 à 4 contiennent des tuyauteries à exclusion de rupture sur les systèmes VDA et VVP.

Le radier des BAS est également une cible au regard de la fonction de rétention par cuvelage qu'il assure. Cependant, pour ces bâtiments, aucune configuration de chute ou de collision de charge ne pourrait remettre en cause l'intégrité du radier (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)).

2.2.3.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

2.2.3.3.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Sans objet

2.2.3.3.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Il s'agit d'anneaux de levages, de monorails et de potences murales. Les plates-formes élévatrices [], ne soulevant pas de charge, elles ne font pas partie des agresseurs pour la chute ou collision de charge. Il en est de même pour les dalles amovibles qui ferment les trémies de manutention [].

Les engins de manutention non classés ne répondent pas aux critères de classement Haute Sécurité 1 ou Haute Sécurité 2. Par conséquent, une étude a été menée sur l'ensemble des engins de levage. Les cibles classées ont été identifiées ainsi que les transitoires de type PCC potentiellement générés. La chute et la collision de charge sur des tuyauteries à exclusion de rupture ont aussi été considérées.

2.2.3.4. Analyses

2.2.3.4.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Sans objet

2.2.3.4.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

La séparation géographique des redondances et la prise en compte de la configuration de l'installation dans la phase de manutention considérée ont permis d'éliminer une grande partie des conséquences des chutes et collisions de charges.

Ainsi, dans la plus part des cas la chute ou collision de charge n'engendre pas d'indisponibilité de plus d'une redondance de fonction F1. A noter que la perte d'une fonction F1 par agression est cependant acceptable lorsqu'elle n'est pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés.

De même, dans la plupart des cas où un transitoire de type PCC est susceptible d'être généré, les moyens restant à disposition permettent de le gérer et de rejoindre l'état sûr.

Cependant, plusieurs situations peuvent générer des transitoires de type PCC qui ne peuvent pas être gérés dans certains états de tranche. Ces cas sont listés ci-dessous. Des dispositions particulières

(identifiées dans le paragraphe suivant) doivent alors être appliquées afin de ne pas pouvoir générer ces transitoires de type PCC ou bien de pouvoir les gérer :

- La chute de certaines vannes ASG ou d'une vanne RRI peut générer une brèche sur un train RRI dans les BAS 1 ou 4. Cette brèche entraîne l'isolement des communs 1A et 1B (ou 2A et 2B) par atteinte d'un niveau bas dans les bâches RRI. Suite à cet isolement, la division électrique 2 ou 3 est perdue par la perte du refroidissement du DVL2 ou 3, entraînant alors la perte des contacteurs d'AAR. Cette situation génère le transitoire de type PCC 15.2.2a.
- De plus, le train RIS1 ou 4 associé est également perdu (perte du refroidissement). La perte de la division électrique 2 ou 3 entraîne également l'indisponibilité du train RIS2 ou 3. En postulant la maintenance et le critère de défaillance unique sur les deux pompes ISBP restantes, il n'y a plus aucun train RIS disponible en mode RA. Cette situation ne permet pas de gérer le transitoire de type PCC 15.2.2a.

2.2.3.5. Parades spécifiques

2.2.3.5.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Sans objet

2.2.3.5.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Lorsqu'un risque a été identifié, les dispositions organisationnelles suivantes ont été mises en place :

- Des requis ont été mis en place sur les configurations de l'installation durant certaines maintenances : ainsi, en cas de maintenance sur le train RIS1 ou RIS2 (respectivement RIS3 ou RIS4), les communs RRI 1A et 1B (resp. RRI 2A et 2B) doivent être refroidis par le train RRI2 (resp. RRI3). Un train RIS reste alors disponible pour gérer le transitoire de type PCC 15.2.2a ;
- En cas de maintenance sur la file PTR 2, la file PTR 1 doit être refroidie par le train RRI 2 ;
- Des limitations de hauteurs de levage ont été mises en place pour prévenir le risque de collision.

La mise en place de disposition active ne s'est pas révélée nécessaire pour faire face aux conséquences d'une chute ou d'une collision de charge dans le BAS/BL.

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) a permis de montrer, pour l'ensemble des engins de manutention non classés des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, qu'une chute ou collision de charge ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté (après mise en place de parade le cas échéant).

2.2.4. Bâtiments Diesels

2.2.4.1. Présentation du bâtiment

Les Bâtiments Diesels (BD) sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

Les Bâtiments Diesels sont constitués de deux bâtiments séparé géographiquement (abritant chacun deux divisions principales et une division de secours SBO). La conception de ces bâtiments (séparation géographique et séparation en divisions) est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis des conséquences des agressions internes.

2.2.4.2. Cibles

Les Bâtiments Diesels (BD) contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement. Aucune agression par collision ou chute de charge d'un équipement ou d'une tuyauterie dans les BD n'est susceptible de générer des transitoires de type PCC.

En outre, ces bâtiments n'abritent pas de tuyauteries à exclusion de rupture ou de fuite.

2.2.4.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Les Bâtiments Diesels ne contiennent que des engins de manutention non classés.

Cependant, la stratégie de gestion de l'agression ne consiste pas à étudier chaque couple agresseur/cibles, mais à considérer que l'ensemble des matériels classés d'une division est perdu.

En effet, une chute ou collision de charge est postulée pour un seul engin à la fois. Ainsi une chute ou collision de charge potentielle dans les bâtiments diesels ne concerne qu'une seule division.

L'étude doit ensuite évaluer les conséquences pour la sûreté de la perte d'une division et conclure à l'acceptabilité de la perte de plus d'une redondance de fonctions F1 et/ou d'une génération de transitoires de type PCC.

2.2.4.4. Analyses

Compte tenu des systèmes présents, aucun transitoire de type PCC ne peut être généré dans les bâtiments diesels.

En conséquence une chute ou collision de charge dans les bâtiments diesels ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

L'analyse fonctionnelle (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)) conclut à l'acceptabilité de la perte totale d'une division en termes de perte de fonction de sûreté.

2.2.4.5. Parades fonctionnelles

L'analyse de sûreté portée par les notes [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) démontre que les objectifs de sûreté sont respectés. La mise en place de parades n'est pas nécessaire.

2.2.5. Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et Bâtiment de Traitement des Effluents

2.2.5.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) et le bâtiment de traitement des effluents (BTE) sont respectivement décrits dans les paragraphes 2.6 et 2.9 de la section 1.2.3.2.

Ces bâtiments n'abritent aucun équipement classé F1 permettant de ramener et de maintenir le réacteur dans un état sûr suite à un transitoire de type PCC, et ne sont pas constitués de divisions séparées. Néanmoins, ces bâtiments sont classés C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.2.5.2. Cibles

Ces bâtiments ne contiennent pas d'équipements classés F1. Ils abritent néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par collision ou chute de charge est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes TEG, RCV, ou REN.

Par ailleurs, afin de ne pas remettre en cause le confinement du bâtiment, les conséquences d'une chute ou collision de charge sur l'intégrité du radier doivent être étudiées.

2.2.5.3. Initiateurs et stratégie de la gestion de l'agression

Le BTE contient deux ponts lourds, le [] et le []. Compte tenu de la masse des charges manutentionnées par ces ponts, l'analyse des conséquences sur l'étanchéité du radier d'une chute de charge pour ces ponts est enveloppe de l'ensemble des engins de levage et de manutention du bâtiment.

Le BAN contient l'appareil de manutention [].

2.2.5.4. Analyses

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) a permis de montrer que les transitoires de type PCC potentiellement générés dans ces bâtiments sont gérés par des moyens classés F1 situés en dehors de ces bâtiments.

Le local ne contient aucun effluent contaminé, donc aucun effluent contaminé ne peut s'échapper en cas de chute ou collision de charge. De même, dans le local du pont roulant du BAN, aucune tuyauterie ne peut être agressée par chute ou collision de charge depuis le pont, donc aucun effluent contaminé ne peut s'échapper en cas de chute ou collision de charge.

L'étanchéité du radier du local reste assurée en cas de chute de charge. L'ouverture de fissure associée à une chute de charge dimensionnante est inférieure au critère de 0,2 mm. Conformément à l'EUROCODE 2, l'étanchéité du radier est donc conservée. Une chute ou collision de charge manutentionnée par ces engins de manutention n'a pas d'impact sur la sûreté de l'installation (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#)).

L'appareil de manutention manipule des charges au-dessus du radier lorsque toutes les trémies sont ouvertes. L'installation du local est faite de façon à ce qu'il n'y ait aucune tuyauterie à l'aplomb de la trémie. Par conséquent, il n'y aura aucun risque de relâchement de fluide contaminé. Les objectifs de sûreté associés aux chutes de charges dans le BAN sont donc atteints.

Ainsi, pour le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et Bâtiment de Traitement des Effluents, une chute ou collision de charge ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.5.5. Parades fonctionnelles

L'analyse de sûreté portée par les [Réf \[1\]](#) et [Réf \[10\]](#) démontre que les objectifs de sûreté sont respectés. La mise en place de parades n'est pas nécessaire.

2.3. SYNTHÈSE DES ANALYSES EFFECTUÉES POUR L'ÎLOT CONVENTIONNEL

2.3.1. Station de pompage et galeries

2.3.1.1. Présentation du bâtiment

La station de pompage et les galeries classées sont décrits dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. du rapport de sûreté.

2.3.1.2. Cibles

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. La division 1 contient également la redondance du système SRU permettant le refroidissement de la troisième file PTR, valorisée pour la gestion d'accident PCC. Chaque division de la station de pompage est connectée aux galeries classées appartenant à la même division de sûreté permettant la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU. Elles contiennent également les tuyauteries JAC pour les galeries associées aux trains 1 et 4.

La station de pompage contient également des tuyauteries et des équipements dont l'endommagement peut potentiellement générer des transitoires incidentels ou accidentels dont l'analyse est couverte par celles des PCC. Les systèmes SEC, CFI, et DVP sont concernés. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

2.3.1.3. Initiateurs de l'agression

2.3.1.3.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

La station de pompage ne contient aucun engin de manutention classé Haute Sécurité.

2.3.1.3.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

Chaque division de la station de pompage contient plusieurs ponts roulants, palans, monorails et potences. Ces engins de manutention ne répondent pas au critère de classement haute sécurité. Par conséquent, une étude a été menée pour ces engins de levage (cf. [Réf \[5\]](#), [Réf \[6\]](#) et [Réf \[7\]](#)). Les cibles classées situées dans le volume d'impact ont été identifiées.

En galeries classées, seule la manutention en phase d'installation par des points d'ancrage ou des monorails est prévue. En cas de manutention exceptionnelle en exploitation, en complément des dispositions présentées au [§ 2.1.](#), la séparation géographique des redondances permet de limiter le risque d'une remise en cause des objectifs de sûreté lors de collisions ou de chutes de charges dans ces galeries. Par conséquent, aucune étude complémentaire n'a été menée dans les galeries.

2.3.1.4. Analyses

2.3.1.4.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Sans objet

2.3.1.4.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

En station de pompage, la chute d'une charge conduit au plus à la perte d'une seule redondance de systèmes F1 (hors cas particulier de l'utilisation de la banalisation SEC) grâce à la conception du bâtiment en divisions de sûreté indépendantes.

Le cas particulier où la banalisation SEC est initialement en service (un train CFI indisponible pour maintenance, deux trains SEC alimentés par un même train CFI) reste couvert par l'analyse générique car dans ce mode de fonctionnement particulier, aucune maintenance préventive sur un autre train SEC ou CFI n'est autorisée.

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 (« Perte d'un train PTR en état F » (cf. section 15.2.3s), « Perte d'un train PTR ou d'un système PTR en état A » (cf. section 15.2.2x), « Perte d'un train RIS-RA en mode RA (états C3, D) » (cf. section 15.2.2w)). Par ailleurs, la perte d'une pompe de circulation CRF lorsque la seconde est à l'arrêt peut conduire à l'événement PCC-2 « Perte du vide au condenseur » (cf. section 15.2.2g).

Les parades identifiées au [§ 2.3.1.5.](#) permettent d'assurer que les transitoires éventuellement induits par une chute de charges entraînant la perte d'un train PTR sont couverts par les études des événements PCC. Pour les autres transitoires générés, un nombre suffisant de systèmes restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche sans valorisation de parades particulières.

Le risque d'agression de plusieurs redondances par collision d'une charge en station de pompage est écarté et les charges manutentionnées ne peuvent pas atteindre les voiles séparant les divisions.

Par conséquent, pour l'ensemble des engins de manutention situés en station de pompage, une chute ou collision de charges ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.3.1.5. Parades

Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une collision ou chute de charges soient couverts par les études PCC (cf. [Réf \[10\]](#)). Ces requis concernent le choix des trains RRI/SEC devant refroidir les communs RRI.

Lors de l'utilisation de la banalisation SEC, la manutention d'une charge en station de pompage au-dessus des trains SEC non lignés sur la banalisation est interdite.

2.3.2. Ouvrage de rejet

2.3.2.1. Présentation du bâtiment

L'ouvrage de rejet, constitué d'une partie pré-rejet HCB et d'une partie rejet HCA, est décrit dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. du rapport de sûreté.

2.3.2.2. Cibles

L'ouvrage de rejet, partie pré-rejet (HCB), abrite dans sa partie classée deux voies redondantes du système JAC (et son système support DVP).

L'ouvrage de rejet, partie rejet (HCA), abrite dans sa partie classée, les tuyauteries de rejet SEC et SRU (ainsi que le système support DVP).

2.3.2.3. Initiateurs de l'agression

2.3.2.3.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

L'ouvrage de rejet ne contient aucun engin de manutention classé Haute Sécurité.

2.3.2.3.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

L'ouvrage de rejet, partie pré-rejet (HCB) où se trouvent les cibles classées de sûreté, contient plusieurs palans, monorails et potences. Un pont roulant survole également en extérieur cette zone. Ces engins de manutention ne répondent pas au critère de classement haute sécurité. Par conséquent, une étude a été menée pour l'ensemble de ces engins de levage (cf. [Réf \[5\]](#), [Réf \[6\]](#) et [Réf \[7\]](#)). Les cibles classées situées dans le volume d'impact ont été identifiées.

Dans l'ouvrage de rejet, partie classée du rejet (HCA), seule la manutention en phase d'installation par des points d'ancrage et palans est prévue. En cas de manutention exceptionnelle en exploitation, en complément des dispositions présentées au [§ 2.1.](#), la séparation géographique en deux zones permet de limiter le risque d'une remise en cause des objectifs de sûreté lors de collisions ou de chutes de charges. Par conséquent, aucune étude complémentaire n'a été menée dans cette partie de l'ouvrage de rejet.

2.3.2.4. Analyses

2.3.2.4.1. Engins de levage et de manutention classés Haute Sécurité

Sans objet

2.3.2.4.2. Engins de levage et de manutention non classés Haute Sécurité

En ouvrage rejet, la chute d'une charge depuis le pont roulant situé en extérieur conduit au plus à la perte d'une seule redondance de systèmes F1 JAC (ou systèmes supports). En effet, la charge la plus lourde pouvant être manutentionnée par le pont (benne de déchets issus de la filtration) est arrêtée par le plancher situé à []m et les deux voies JAC sont situées en dessous de ce niveau. Les quelques cibles classées de sûreté situées au dessus de ce niveau sont suffisamment éloignées pour éviter la perte de deux redondances en cas de chute ou collision de charge. La perte des fonctions associées au système JAC ne conduit à aucun transitoire chaudière.

Dans les locaux [], un risque de mode commun sur ce système est identifié en cas de chute de charge depuis les monorails situés dans ces locaux. Les parades identifiées au [§ 2.3.2.5.](#) permettent d'éviter ce mode commun. Le risque de collision est en revanche écarté grâce à la technologie du chariot à galet d'entraînement à chaîne qui limite la vitesse de déplacement et donc, l'amplitude du pendule en cas de perte de contrôle du déplacement horizontal de la charge.

Par conséquent, pour l'ensemble des engins de manutention situés en ouvrage de rejet, une chute ou collision de charges ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.3.2.5. Parades

Des butées d'arrêt sur les rails de roulement des monorails dans les locaux █ ont été mises en place pour limiter la zone de survol des charges et éviter la perte de plusieurs redondances du système JAC (cf. [Réf \[10\]](#)).

LISTE DES REFERENCES

[1] ECEIG130999 ind. B, “Analyse de sûreté associée aux chutes et collisions de charges pour l’EPR FA3”

[2] CST 60.C.007.03, “Engins de levage et de manutention classés "Haute sécurité" ”

[3] CST 60.C.009.02, “Engins de levage et de manutention non classés "Haute sécurité" ”

[4] KTA 3902, « Design of lifting equipment in nuclear power plants »

[5] Note 23952SDP00011NT ind. E, EPR FA3 — Projet agressions — Station de pompage — Ouvrage de rejet — Analyse de sûreté du risque chutes de charges

[6] 3T1051N130046 B , EPR FA3 – Projet Agression – Note d’étude pour le dossier correctif relatif au thème chute de charges des bâtiments HP, HC et galeries classées

[7] D305214037838 B : Note d’analyse de la collision dans les bâtiments classés du BOP

[8] D305116061564 ind. A, « Analyse fonctionnelle des conséquences de la collision et chute de charges sur les câbles dans les bâtiments BR, BK et BAS (gestec) »

[9] D305215082803 ind. A, « EPR FA3 – Identification des modes communs de câblages (MCC) pour les agressions internes dans les bâtiments de l’IC/BOP »

[10] D305117002784 ind. F, « Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES »

SOMMAIRE

.3.4.6 EXPLOSION INTERNE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. EXIGENCES GÉNÉRALES	3
0.2. EXIGENCES RELATIVES À L'EXPLOSION INTERNE	3
0.2.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	3
0.2.2. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	3
0.2.3. DÉMARCHE DE PROTECTION CONTRE L'EXPLOSION INTERNE AU CNPE	4
1. BASES DE CONCEPTION	6
1.1. RÈGLES GÉNÉRALES	6
1.2. CUMULS ET LIENS DE DÉPENDANCE PRIS EN COMPTE	6
1.3. LOCAUX ET EMBLEMES À RISQUE	6
1.4. PRISE EN COMPTE DES CIRCUITS GAZEUX À RISQUE	7
1.5. PRISE EN COMPTE DES PROCESS GÉNÉRATEURS DE GAZ EXPLOSIBLES	7
1.6. PRISE EN COMPTE DES STOCKAGES DE GAZ	8
1.6.1. CAS DES STOCKAGES EXTÉRIEURS (PARCS À GAZ)	8
1.6.2. CAS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE	8
1.6.3. CAS DES BÂTIMENTS HORS ÎLOT NUCLÉAIRE	9
1.6.4. STOCKAGES TEMPORAIRES	9
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	9
2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE	9
2.1.1. INITIATEURS ET SCENARII CONSIDÉRÉS	9
2.1.2. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	12
2.1.3. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION	13
2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES	15
2.2. ANALYSE DE SÛRETÉ POUR L'EXPLOSION INTERNE DANS L'ÎLOT NUCLEAIRE	16
2.2.1. IDENTIFICATION DES SYSTÈMES À RISQUE	16
2.2.2. BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)	20

2.2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE ÉLECTRIQUE (BAS/BL)	20
2.2.4. BÂTIMENT DE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE USÉ (BK)	22
2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)	23
2.2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENTS DES EFFLUENTS (BTE)	25
2.2.7. BÂTIMENT DIESEL (BD)	25
2.2.8. CAS PARTICULIER DE L'HYDROGÈNE ISSU DU CIRCUIT PRIMAIRE (BR, BK, BAN)	27
2.2.9. BILAN POUR L'ÎLOT NUCLÉAIRE	29
2.3. ANALYSE DES RISQUES D'EXPLOSION INTERNE À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS, AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE	29
2.3.1. IDENTIFICATION DES SYSTÈMES À RISQUE	29
2.3.2. SALLE DES MACHINES	30
2.3.3. BÂTIMENT ÉLECTRIQUE NON CLASSÉ	32
2.3.4. STATION DE POMPAGE	33
2.3.5. OUVRAGE DE REJET ET GALERIES TECHNIQUES	35
2.4. ANALYSE DE SÛRETÉ POUR L'EXPLOSION INTERNE, À L'EXTÉRIEUR DES BÂTIMENTS, AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE	36
2.4.1. IDENTIFICATION DES STOCKAGES À RISQUE	36
2.4.2. PARCS À GAZ HZH ET HZO	37
2.4.3. STOCKAGE GAZ POE	39
LISTE DES REFERENCES.	41

.3.4.6 EXPLOSION INTERNE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. EXIGENCES GÉNÉRALES

Les agressions considérées sont les explosions internes liées aux équipements et circuits présents sur l'INB telles que décrites au [§ 0.2.1.](#)

L'explosion interne est traitée conformément à la section F.1.1 des directives techniques (cf. [§ 0.2.2.](#)) comme une agression interne à considérer dans la démonstration de sûreté.

Les exigences de sûreté associées à ce risque sont donc celles des agressions internes, définies à la section 3.4.0.

Les règles d'analyses communes à toutes les agressions internes et donc applicables à l'explosion interne, en particulier vis-à-vis de l'application de la défaillance unique et de la maintenance préventive, sont définies à la section 3.4.0.2.

0.2. EXIGENCES RELATIVES À L'EXPLOSION INTERNE

0.2.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

Les explosions internes au CNPE sont susceptibles d'endommager les équipements ou les ouvrages de génie civil.

Les sources potentielles d'explosions internes peuvent se situer à trois niveaux :

- L'explosion interne aux circuits,
- L'explosion interne ou externe aux bâtiments qui peut provenir d'un dégagement de gaz explosifs de circuits, process ou capacités,
- L'explosion interne ou externe aux bâtiments qui peut provenir d'un éclatement de capacités sous pression de gaz ou gaz liquéfié, explosif ou non.

Les explosions d'équipements électriques ou mécaniques sont supposées exclues (cf. [§ 0.2.3.1.](#)).

0.2.2. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

- Code du travail relatif à la prévention des explosions sur les lieux de travail.
- Loi 91-1414 du 31 décembre 1991 modifiant le code du travail et le code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail.
- Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions de travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.
- Décret n° n°2015-799 du 1er juillet 2015 relatif aux produits et équipements à risques.
- Décret n° 2001-1016 du 05 novembre 2001 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.
- Décret n° 2002-695 du 30 avril 2002 modifiant le décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996.
- Décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail.

- Décret n° 2002-1554 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrages lors de la construction des lieux de travail.
- Arrêté du 19 décembre 1988 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques sur les emplacements présentant des risques d'explosion.
- Arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.
- Arrêté du 8 juillet 2003 complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.
- Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive.
- Arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.
- Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.
L'annexe II donne des valeurs de référence en matière d'intensité des phénomènes dangereux non radiologiques.
- Arrêté du 07 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
L'article 4.3.3 du Titre IV traite du stockage et de la manipulation des matières dangereuses. La conformité avec l'Arrêté du 07/02/2012 est établie dans les paragraphes relatifs aux systèmes contenant des matières explosives.
- Décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils pression.
- Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression, DGSNR/SD2/N°729/2004 - version mars 2004.
- Article R. 511-9 du Code de l'environnement (nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement), intégrant le :
 - Décret n° 2014-285 du 03 mars 2014 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. (hydrogène : rubrique 4715 de l'annexe ; acétylène : rubrique 4719 de l'annexe)

Et renvoyant vers les Arrêtés Ministériels de Prescriptions Générales (AMPG) :

- Arrêté du 12 février 1998 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 4715 (Stockage ou emploi de l'hydrogène).
- Arrêté du 10 mars 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 4719 (Stockage ou emploi de l'acétylène).

0.2.3. DÉMARCHE DE PROTECTION CONTRE L'EXPLOSION INTERNE AU CNPE

Le principe de défense en profondeur est appliqué à la protection contre cette agression interne de manière à limiter sa vraisemblance et les conséquences de celle-ci, par la mise en place de dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences.

L'approche de la protection contre les explosions s'appuie donc sur trois niveaux :

- la prévention qui consiste :
 - à prendre des mesures constructives ou organisationnelles pour éviter et/ou maîtriser tout dégagement,
 - à éviter la formation d'atmosphère explosive pouvant résulter de ces dégagements,

- à éviter l'ignition des atmosphères explosives éventuellement formées,
 - à prévenir les risques sur les capacités sous pression,
- la surveillance par la mise en place de moyens de détection, associés à des actions de prévention,
 - la limitation des conséquences qui consiste à prévoir des moyens de mitigation des effets d'une explosion vis-à-vis des cibles qui permettent de rendre compte des objectifs de sûreté. On tient compte de la présence éventuelle d'autres installations nucléaires sur le CNPE pour définir les cibles potentielles.

0.2.3.1. PRÉVENTION

L'objectif premier de la démarche suivie est avant tout d'éviter la formation d'atmosphères explosives. La démarche générale suivante doit être appliquée au titre de la prévention :

- En priorité, les sources d'explosion sont supprimées : l'utilisation de gaz explosifs ou de capacités de gaz sous pression est évitée autant que possible. En cas d'impossibilité de suppression, leur présence est limitée à la quantité strictement nécessaire. Cela est vrai également dans les zones de stockage, temporaires ou durables (ex : parcs à gaz).
- L'objectif est ensuite d'éliminer les principaux facteurs pouvant conduire à la formation d'atmosphères explosives. C'est pourquoi on cherche à supprimer les singularités démontables sur les tuyauteries à risque et, d'autre part, à éviter ou « piloter » les process générateurs de gaz explosifs afin de limiter l'émission de ces gaz.
- Pour les locaux présentant des systèmes contenant des gaz explosifs, la mesure de base en termes d'objectif est l'absence d'emplacement dangereux. La suppression des sources de fuite potentielles est recherchée en priorité. Par défaut, la protection contre l'explosion passe par la limitation du risque et la maîtrise des dégagements (limitation des singularités démontables, des quantités de gaz explosifs dégagés et des concentrations de ces gaz dans les emplacements considérés).

Si ces mesures fondamentales ne permettent pas de réduire à un niveau suffisamment bas le risque d'occurrence d'atmosphères explosives dangereuses, d'autres mesures de protection contre le déclenchement d'explosions sont appliquées. Celles-ci sont prises dans l'éventail des mesures permettant d'éviter l'ignition des atmosphères explosives.

On considère exclus les risques d'explosion interne aux circuits. Leur prévention est étudiée au niveau de la conception du process et des consignes d'exploitation. Elle n'est pas développée ici. Le circuit TEG est un cas particulier en raison de certaines portions du circuit qui sont en dépression. Pour ce circuit, le risque d'explosion est étudié.

Les composants sont réputés non-vulnérables vis-à-vis des différentes contraintes (mécaniques, thermiques, neutroniques, etc.) prises en compte à la conception.

Les risques d'explosions d'équipements mécaniques ou électriques (moteurs, disjoncteurs, etc.) sont exclus, du fait des appareillages (transformateurs secs, disjoncteurs sans capacité d'huile). Le cas échéant, le risque est étudié et prévenu au niveau de leur conception, installation et procédures d'exploitation.

L'approche mentionnée ici est appliquée en exploitation normale de la tranche (cf. [§ 1.2.](#)). Pour mémoire, des dispositions sont prévues, suite à l'APRP de dimensionnement ou aux accidents graves, pour rendre acceptables les risques liés à la présence d'hydrogène dans l'enceinte (section 6.2.4 et section.19.2.2.3).

Par ailleurs, une attention spéciale (analyse de risque) se fondant sur les mesures administratives est portée aux potentialités explosives additionnelles (par exemple, bouteilles de gaz comprimé, peinture, laque, autres produits chimiques) introduites sur la tranche de façon temporaire, par exemple pendant l'arrêt ou des phases de maintenance préventive en fonctionnement (cf. [§ 1.6.4.](#) « Stockages temporaires »).

0.2.3.2. SURVEILLANCE

Vis-à-vis de la surveillance, on s'assure que les systèmes de détection sont fiables au sens réglementaire et, s'ils interviennent dans la démonstration de sûreté, qu'ils sont fiables face aux agressions envisagées (cf. § 1.2.) et robustes à la défaillance aléatoire. On s'assure également que les actions de prévention associées sont cohérentes (fiches d'alarme).

0.2.3.3. LIMITATION DES CONSÉQUENCES

Les conséquences d'une explosion interne à l'INB sont analysées si le risque ne peut pas être exclu lors de l'analyse de sûreté. Les risques d'atteinte de cibles de sûreté sont alors évalués et si nécessaire éliminés. On considère comme cible à protéger, l'ensemble des équipements ou partie d'équipement dont la perte entraînerait une remise en cause des règles générales définies au § 1.1.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. RÈGLES GÉNÉRALES

Les règles générales de la section 3.4.1 s'appliquent pour l'explosion interne.

De plus, une explosion ne doit notamment pas détériorer la stabilité/intégrité des barrières de sûreté incendie (i.e. tout élément actif ou passif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

Dans tous les cas, un nombre suffisant de systèmes/redondances permettant, respectivement, d'atteindre un état sûr et de faire face à un événement doivent maintenir leur opérabilité.

Enfin, une explosion ne doit pas remettre en cause les objectifs de sûreté propres à d'autres installations nucléaires présentes sur le CNPE.

1.2. CUMULS ET LIENS DE DÉPENDANCE PRIS EN COMPTE

L'approche mentionnée ici est appliquée en exploitation normale de la tranche, c'est-à-dire lors du fonctionnement dans la plage d'exploitation normale, en incluant l'arrêt, le fonctionnement en puissance, la mise à l'arrêt, le démarrage, les opérations de maintenance, d'essais et de rechargement.

Un lien de causalité est envisagé avec les agressions suivantes, dans le sens où ces agressions pourraient engendrer une explosion interne :

- Le séisme et son complément le séisme événement. Le Manque de Tension Externe (MDTE) pouvant résulter de cette agression est pris en compte,
- Le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- L'incendie agresseur de capacités sous pression,
- Le risque projectile lié au vent extrême,
- La foudre.

Aucun cumul d'une agression externe ou interne ou d'un initiateur avec une explosion interne indépendante ne doit être postulé. En particulier, on ne cumule pas deux explosions indépendantes.

Les combinaisons peu probables d'explosion interne et de conditions initiales (par exemple, états de courte durée en régime normal) sont exclues.

1.3. LOCAUX ET EMPLACEMENTS À RISQUE

Vis-à-vis du risque d'explosion de gaz à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, la réglementation concernant la sécurité des travailleurs (Code du travail relatif à la prévention des explosions sur les

lieux de travail) et l'article 4.3.3 du Titre IV (stockage et manipulation des matières dangereuses) de l'arrêté du 07/02/2012 sont appliqués. En particulier le document [Réf \[1\]](#) est utilisé comme référence.

Une gestion rigoureuse des stocks de produits inflammables et explosifs présents sur les sites est assurée.

Un local ou un emplacement est dit à risque dès lors qu'il contient un circuit à risque présentant des singularités à caractère démontable, un process générateur de gaz explosible ou un stockage de gaz explosif sous pression.

On considère qu'un circuit véhiculant un gaz explosif est à risque dès lors que la concentration maximale en exploitation normale peut être égale ou supérieure à la LIE du mélange gazeux contenu. Par conservatisme on utilise une LIE égale à la LII.

Dans ce chapitre et par la suite, les liquides dont le point éclair est inférieur à 55°C ou bien dont la température de travail est supérieure au point éclair, sont assimilés à des gaz explosifs.

1.4. PRISE EN COMPTE DES CIRCUITS GAZEUX À RISQUE

Les exigences de conception de ces circuits à risque explosif reposent sur les points suivants :

- La prévention :
 - La mise en œuvre à la conception de dispositions assurant leur étanchéité.
 - La conception des locaux, des équipements et de la ventilation qui ne doit pas engendrer de zones mortes et assure un brassage de l'air ambiant.
 - La signalisation (circuits, équipements, etc.) par pictogramme normé.
 - La mise à la terre de tous les circuits et matériels.
 - La prise en compte des risques de chocs.
- La détection de gaz explosif mise en place dans les locaux à risque des bâtiments de l'îlot nucléaire et, en dehors, a minima dans ceux où une ATEX est susceptible de se former sur la base des hypothèses prises ici (cf. [§ 2.](#)).
- La caractérisation des locaux qui sous-tend la mise en œuvre, si nécessaire, dans les locaux à risque, de matériels et appareils de catégorie ATEX 2G ou 3G adaptée pour le ou les gaz concerné(s). Cette caractérisation s'effectue dans la phase d'analyse de sûreté (cf. [§ 2.](#)).
- Les actions de vérification et de maintenance des circuits.
- Le taux de ventilation (naturelle ou mécanique), qui doit permettre d'éviter dans la mesure du possible la formation d'atmosphères explosives dans le temps.

Rappel : la prévention des risques d'explosion interne aux circuits est étudiée au niveau de la conception du process et des consignes d'exploitation (cf. [§ 0.2.3.1.](#)). Pour les produits chimiques par exemple, les injections sont réalisées à l'aide de lignes dédiées pour éviter tout mélange entre réactifs.

1.5. PRISE EN COMPTE DES PROCESS GÉNÉRATEURS DE GAZ EXPLOSIBLES

Les process générateurs de gaz explosibles sont évités autant que faire se peut. Les quantités de gaz explosifs produites sont limitées au strict nécessaire et leur génération maîtrisée afin d'éviter d'obtenir une atmosphère explosive, y compris dans les situations de MDTE suite à un séisme.

Les exigences de conception des process générateurs de gaz explosibles reposent sur les points suivants :

- La prévention :
 - La mise en œuvre à la conception lorsque cela est techniquement possible, de dispositions permettant de limiter la génération de gaz explosifs,

- La conception des locaux, des équipements et de la ventilation qui ne doit pas engendrer de zones mortes,
- La signalisation par pictogramme normé (local, équipements, etc.).
- La mise à la terre de tous les circuits et matériels.

La détection de gaz explosif mise en place dans les locaux à risque, des bâtiments de l'îlot nucléaire et, en dehors, a minima dans ceux où une ATEX est susceptible de se former sur la base des hypothèses prises ici (cf. [§ 2.](#)),

La caractérisation des locaux qui sous-tend la mise en œuvre, si nécessaire, dans les locaux à risque, de matériels et appareils de catégorie ATEX 2G ou 3G adaptée pour le ou les gaz concerné(s). Cette caractérisation s'effectue dans la phase d'analyse de sûreté (cf. [§ 2.](#)).

Le taux de ventilation (naturelle ou mécanique) qui doit permettre d'éviter la formation d'atmosphère explosive.

1.6. PRISE EN COMPTE DES STOCKAGES DE GAZ

On appelle ici stockage, toute zone où réside durablement des capacités de gaz, gaz liquéfié ou liquide explosifs ou inflammables, gaz sous pression ou liquéfié, en attente d'utilisation.

Les prescriptions générales applicables aux installations classées pour l'environnement soumises à déclaration sont applicables, notamment les arrêtés du 12/02/1998 et du 10/03/1997.

Nota : les capacités en cours d'utilisation (connectées) sont considérées comme faisant partie intégrante des circuits.

1.6.1. Cas des stockages extérieurs (parcs à gaz)

La prise en compte des risques liés aux stockages concerne surtout les stockages extérieurs (parcs à gaz) où des quantités significatives de gaz sont à prévoir. Une démarche d'analyse de risque basée sur la prise en compte des différentes agressions (cf. [§ 1.2.](#)) et cibles sûreté potentielles est appliquée (cf. [§ 1.1.](#)). La conception des stockages est basée sur la démonstration de sûreté, établie sur la prévention des risques d'explosion et la protection des cibles de sûreté vis-à-vis des explosions potentielles (cf. [Réf \[8\]](#)).

1.6.2. Cas de l'îlot nucléaire

Au sein de l'îlot nucléaire, les stockages sont évités autant que possible.

Si néanmoins des stockages ne peuvent être évités, les quantités sont le cas échéant très limitées et les risques d'agression prévenus :

- Si de tels stockages existent, la quantité maximale de gaz explosifs dans un local de stockage n'excède le contenu équivalent d'une bouteille B50/200bar. Les contenants n'excèdent pas la taille d'une bouteille B20. On assure la protection du stockage vis-à-vis des agressions décrites au [§ 1.2.](#) et des effets domino liés à l'explosion interne, avec pour objectif de démontrer l'absence de risque d'éclatement des contenants. Par précaution supplémentaire on s'assure que ces stockages ne sont pas réalisés au sein de secteurs de feu de sûreté, ni dans les locaux à l'interface de zones de feu de sûreté. Tout non-respect de ces règles donne lieu à une analyse de sûreté spécifique (basée par exemple sur les principes adoptés pour les parcs à gaz).
- Dans le cas particulier des extincteurs d'incendie sous pression permanente, on s'assure qu'ils ne sont pas exposés aux effets de l'incendie, ce qui est généralement la pratique car ces extincteurs sont dégagés des sources combustibles pour rester accessibles en cas de sinistre.

1.6.3. Cas des bâtiments hors îlot nucléaire

A l'extérieur de l'îlot, on adopte au sein des bâtiments la même démarche que dans l'îlot nucléaire, pour des stockages limités selon les mêmes règles. Si des stockages plus importants sont inévitables, ils sont traités similairement aux stockages extérieurs (cf. [Réf \[8\]](#)).

1.6.4. Stockages temporaires

En dehors des parcs à gaz identifiés, il peut exister sur les sites des lieux de stockage ou d'utilisation de bouteilles de gaz qui peuvent varier dans le temps (phases de chantier, maintenance, interventions diverses). Ces stockages font l'objet d'analyses de risques adaptées et pilotées par les CNPE. Ces analyses ne doivent pas remettre en cause les hypothèses et analyses développées ici.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE

L'analyse de sûreté des explosions internes à l'INB est la démonstration que l'installation dispose d'une protection satisfaisante contre de telles agressions. Cette démonstration doit être réalisée selon les principes suivants :

- Les locaux ou emplacements à risque doivent faire l'objet d'une analyse de la suffisance des mesures de prévention de l'explosion mises en place,
- Si le risque d'explosion subsiste malgré tout, une analyse des conséquences de cette explosion interne ou externe aux bâtiments sur les cibles de sûreté doit être menée. Les conséquences doivent être acceptables : dans le cas contraire, des modifications de conception sont apportées pour atteindre cet objectif.

Les exigences de sûreté définies au [§ 0.](#) sont respectées.

Du fait de leurs caractéristiques propres, on distingue les situations :

- Dans l'îlot nucléaire,
- A l'intérieur des bâtiments au sein de l'INB hors îlot nucléaire,
- A l'extérieur des bâtiments au sein de l'INB hors îlot nucléaire.

2.1.1. INITIATEURS ET SCENARII CONSIDÉRÉS

2.1.1.1. IDENTIFICATION DES SOURCES D'EXPLOSION INTERNE

Les sources potentielles d'explosions internes sont définies au [§ 0.2.1.](#)

2.1.1.1.1. Identification des circuits à risque

Un circuit gazeux est considéré à risque dès lors qu'en exploitation normale la concentration en gaz explosif peut-être supérieure ou égale à la limite inférieure d'explosivité (LIE) du mélange gazeux contenu. Par conservatisme, la LIE est abaissée à la limite inférieure d'inflammabilité (LII) du mélange gazeux. Par exemple, pour l'hydrogène, le seuil est abaissé à la limite inférieure d'inflammabilité soit 4% volumique pour les conditions standards de pression atmosphérique, température, humidité relative.

2.1.1.1.2. Identification des locaux et emplacements à risque

La liste des locaux et emplacements à risque est établie sur la base de l'installation dans les bâtiments, en ne retenant que les locaux et emplacements contenant :

- Soit des circuits à risque avec des singularités démontables,
- Soit des circuits à risque pouvant être agressés par les agressions définies au [§ 1.2.](#),
- Soit des capacités sous pression,

- Soit des process générateurs de gaz explosif.

2.1.1.2. INITIATEURS CONSIDÉRÉS

Les initiateurs suivants sont pris en compte dans les scenarii considérés :

- Les états de fonctionnement normal,
- Les erreurs de lignage sur les circuits à risques,
- Le risque lié à la présence de singularités démontables sur les circuits de gaz explosifs sous pression. Ce risque est lié à une erreur humaine conduisant à démonter la singularité considérée, et créant une fuite équivalente à celle d'une rupture guillotine du circuit,
- Les agressions internes ou externes définies au § 1.2. susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive. La possibilité d'un endommagement ou d'une rupture de tuyauterie ou de bêche est établie par analyse déterministe (cause/effet) du fait des agressions envisagées,
- La maintenance préventive (tranche en marche), susceptible d'initier une indisponibilité de matériels, du fait des travaux envisagés.

Pour chaque local ou emplacement à risque, on évalue la suffisance des dispositions prises contre le risque d'explosion interne. Ces dispositions doivent être robustes à la défaillance aléatoire.

Sont notamment considérées au titre de la défaillance aléatoire :

- La non exécution d'un ordre de mise en service d'une fonction active, hors service en début de scénario,
- La non exécution d'un ordre de mise hors service d'une fonction active, en service en début de scénario, si la chaîne de mise hors service n'est pas à sécurité positive.

Pour le cas des stockages et conteneurs mobiles au sein de l'INB, hors îlot nucléaire, des initiateurs supplémentaires spécifiques aux scenarii Risque d'Explosion Unitaire (REU) et Risque d'Effets Domino Interne (RDI) sont précisés au § 2.1.1.3.3.

2.1.1.3. SCENARII CONSIDÉRÉS

2.1.1.3.1. Cas de l'îlot nucléaire

La fuite de référence

Dans les circuits à risque, la fuite de référence fixée a priori pour le dimensionnement et la justification des dispositions prises est une brèche dont la section correspond à une rupture guillotine, quel que soit le diamètre de la canalisation considérée.

Cette fuite est appliquée dans les locaux et emplacements à risque comme défini au § 1.3.

Les concentrations et quantités de gaz explosif à l'intérieur des circuits sont les concentrations maximales et quantités maximales en exploitation normale.

Dans le cas des batteries (process générateurs de gaz), on considère le débit de gaz lors du maintien en charge des batteries (floating), ainsi que celui produit lors de la charge.

Dans le cas d'un stockage de gaz explosif, la fuite de référence correspond à la rupture guillotine du robinet de la bouteille. Cette hypothèse majore le risque dans le local.

On appelle ATEX ou atmosphère explosive un mélange avec de l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

Détermination des locaux à risque avéré

L'étude des locaux à risque avéré (ou zones si plusieurs locaux communiquent par des ouvertures non fermées en exploitation normale ou s'il y a continuité par transfert d'air) est faite à partir du recensement des locaux à risque (Cf. § 1.3.).

Les calculs de concentration sont effectués en considérant :

- Soit la dilution homogène du gaz dans l'atmosphère du local à risque lorsque les dispositions de conception des locaux, de la ventilation et des équipements permettent d'éviter une accumulation localisée de gaz explosif dans ces locaux. Si la concentration moyenne est inférieure ou égale à la LIE, la zone est considérée comme non dangereuse. Si la concentration moyenne est supérieure à la LIE, la conception est adaptée pour traiter le risque en amont.
- Soit la dilution hétérogène du gaz dans l'atmosphère du local à risque lorsque les dispositions de conception des locaux, de la ventilation et des équipements ne permettent pas d'éviter une accumulation localisée de gaz explosif dans ces locaux. Si le volume de gaz explosif accumulé est suffisamment faible, la zone est considérée comme non dangereuse. Si le volume de gaz explosif accumulé est suffisamment élevé pour considérer la zone comme dangereuse, la conception est adaptée pour traiter le risque en amont.

En cas d'impossibilité d'obtenir une zone non dangereuse, on considère que le risque est avéré et des dispositions suffisantes sont prises pour limiter les sources possibles de déclenchement d'une explosion (limitation des charges électrostatiques, matériels de catégorie 3G...) dans l'ensemble de la zone source (Cf. § 2.1.2.1.). Par la suite, on désigne ces locaux par le terme " locaux à risque avéré ".

Pour l'hydrogène, la LIE est assimilée à la limite inférieure d'inflammabilité (LII).

Études complémentaires

Lorsque l'hypothèse de dilution homogène est justifiée du fait de l'absence d'accumulation d'hydrogène dans le temps sans pour autant écarter un risque d'accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté, une vérification de l'absence d'effet falaise complète l'analyse de sûreté.

Risque d'explosion à l'intérieur des circuits

On s'assure que les dispositions de conception permettent d'écarter le risque d'explosion à l'intérieur des circuits, excepté pour la boucle TEG.

2.1.1.3.2. Cas des bâtiments au sein de l'INB, hors îlot nucléaire

Les scénarii considérés pour les bâtiments hors de l'îlot nucléaire sont similaires à ceux considérés pour l'îlot nucléaire (Cf. § 2.1.1.3.1.).

2.1.1.3.3. Cas des stockages et conteneurs mobiles au sein de l'INB, hors îlot nucléaire

Pour les stockages et conteneurs mobiles sous pression au sein de l'INB hors îlot nucléaire, les scénarii d'explosion interne suivants sont pris en compte :

- Risque d'Explosion Unitaire (REU) : éclatement d'une capacité suite à un simple défaut de conception ou une agression (erreur de manutention, jet enflammé, etc.). L'explosion d'un nuage de gaz, suite à une fuite au niveau d'un cadre de bouteilles d'hydrogène par exemple, est également considérée au titre du REU,
- Risque d'Effets Domino Interne (RDI) : effets domino engendrés par un jet enflammé ou par l'explosion d'un nuage de gaz,
- Risque d'explosion dû à un Incendie généralisé d'origine Externe (RIE) : des conteneurs explosent sous l'effet du rayonnement thermique induit par un incendie généralisé d'origine externe,
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, pour les stockages de gaz liquéfiés sous pression uniquement) : vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

2.1.2. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE

Au titre de la défense en profondeur, une étude des conséquences de l'explosion doit être menée dans chaque local ou zone où une atmosphère explosive est susceptible de se former (locaux à risque avéré). L'analyse consiste à vérifier que les dommages engendrés par une explosion ne remettent pas en cause la réalisation des fonctions de sûreté assurées par les cibles retenues.

2.1.2.1. CAS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE

Le phénomène d'explosion est dans un premier temps caractérisé (explosion de jet, explosion de nuage confiné/non confiné, etc.) suite à la détermination des scénarii d'explosion définis au [§ 2.1.1.](#) Pour chaque scénario d'explosion retenu, le volume explosif maximal susceptible de se former dans les différentes parties du bâtiment ou de l'ouvrage considéré est déterminé. Les effets des explosions potentielles (surpression, rayonnement thermique et projectiles émis) associés à ces scénarii sont ensuite caractérisés et le risque d'agresser une cible de sûreté est évalué.

L'analyse du croisement des zones agressées et des cibles de sûreté aboutit à une liste de modes communs potentiels.

Pour les modes communs potentiels confirmés, il faut engager un traitement visant à :

- Eliminer le risque :
 - En supprimant le risque de formation d'atmosphère explosive,
 - En déplaçant ou protégeant les cibles de sûreté,
- A défaut à réduire le risque par limitation du risque d'ignition (en supprimant ou déplaçant les sources potentielles d'ignition ou en mettant en place du matériel ATEX 2G dans l'ensemble de la zone source).

2.1.2.2. CAS DES BÂTIMENTS AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE

La modélisation du phénomène pour les bâtiments hors de l'îlot nucléaire est similaire à celle décrite pour l'îlot nucléaire (Cf. [§ 2.1.2.1.](#)).

2.1.2.3. CAS DES STOCKAGES AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE

Pour les scénarii d'explosion retenus au niveau des stockages et conteneurs mobiles sous pression au sein de l'INB hors îlot nucléaire, les effets étudiés sont les suivants :

- Risque d'Explosion Unitaire (REU) : onde de pression et projectile unique pour l'éclatement de capacité, onde de pression uniquement pour l'explosion d'un nuage de gaz,
- Risque d'Effets Domino Interne (RDI) : surpressions consécutives et projectiles multiples,
- Risque d'explosion dû à un Incendie généralisé d'origine Externe (RIE) : surpressions consécutives et projectiles multiples,
- BLEVE : onde de pression et projectile unique (et rayonnement thermique pour les gaz liquéfiés inflammables).

Ces effets sont dans un premier temps caractérisés puis le risque d'agresser une cible assurant une fonction de sûreté est évalué.

L'analyse du croisement des zones agressées et des cibles de sûreté aboutit à une liste de modes communs potentiels.

Pour les modes communs potentiels confirmés, il faut engager un traitement visant à :

- Eliminer le risque soit :

- En supprimant le risque de formation d'atmosphère explosive,
 - En déplaçant ou protégeant les cibles de sûreté,
- A défaut à réduire le risque par limitation du risque d'ignition (en supprimant ou déplaçant les sources potentielles d'ignition ou en mettant en place du matériel ATEX 2G dans l'ensemble de la zone source).

2.1.3. NATURE DES CIBLES ET MODES DE DÉGRADATION

2.1.3.1. NATURE DES CIBLES

On considère comme cible l'ensemble des équipements ou parties d'équipement dont la perte entraînerait une remise en cause des exigences de sûreté.

L'explosion interne est une agression interne. A ce titre, les exigences de sûreté à respecter sont décrites à la section 3.4.1. En particulier :

- Ne pas empêcher la réalisation de fonctions F1 même si elles ne sont généralement pas nécessaires après un tel événement,
- Ne pas déclencher d'événement de type PCC-3/4 (dans la mesure du possible),
- Ne pas compromettre la séparation en divisions.

De plus, une explosion interne ne doit pas compromettre l'intégrité de la sectorisation de sûreté incendie (Cf. [§ 1.](#)).

Tous les équipements et structures présents dans la zone d'impact de l'explosion selon le mode de dégradation défini au [§ 2.1.3.2.](#) et susceptible de remettre en cause ces exigences de sûreté sont considérés comme des cibles potentielles.

Lorsque les effets d'une explosion interne ont un impact à l'intérieur des bâtiments, les cibles à considérer sont principalement les équipements et structures participant aux fonctions F1 et à la gestion des PCC3-4, les barrières de sectorisation de sûreté incendie (i.e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie) et les composants dont la défaillance est exclue par conception (par exemple les tuyauteries pour lesquelles est adopté le concept d'exclusion de rupture).

Lorsque les effets d'une explosion interne ont un impact à l'extérieur des bâtiments, les cibles à considérer sont principalement l'ensemble des bâtiments classés de sûreté.

2.1.3.2. MODES DE DÉGRADATION DES CIBLES

2.1.3.2.1. Cas de l'îlot nucléaire

Pour l'îlot nucléaire, on considère que :

- L'ensemble des équipements situés dans la zone source est perdu,
- Les tuyauteries, échangeurs, vannes manuelles et les câbles électriques situés dans les locaux tampons (Cf. définition ci-après) sont intrinsèquement résistants aux effets d'une explosion (sauf s'ils sont dans la trajectoire d'un projectile) : ils sont donc exclus des cibles. Sont donc à considérer parmi les cibles potentielles de ces zones tampon les équipements tels que bâches, pompes, vannes motorisées, coffrets électriques, capteurs, fins de course (associés à des matériels classés).

Identification des locaux sources

Les locaux sources sont les locaux identifiés comme à risque avéré.

Identification des locaux tampons et adjacents

Les locaux tampons sont des locaux communiquant selon certaines conditions avec les locaux sources, permettant d'atténuer l'onde de pression issue de l'explosion de manière à pouvoir considérer son innocuité vis à vis des locaux les entourant. Les locaux adjacents sont des locaux séparés de la zone source par au moins un local tampon. Si la zone tampon est d'un volume total supérieur à la zone source, alors ces locaux sont réputés protégés des effets de l'explosion (local protégé).

L'identification de ces zones peut le cas échéant reposer sur des modélisations et être adaptée dans le cas de configurations particulières.

Estimation du potentiel d'agression des sources (modes communs)

Le potentiel d'agression de chaque source est estimé en considérant :

- Que le local source est le local où se situe l'ATEX,
- Que la zone source est constituée du local source et des locaux en communication permanente et significative ($> 1 \text{ m}^2$) avec celui-ci (verticale ou horizontale),
- Que pour une zone source donnée, les locaux tampons sont déterminés en regard des principaux éléments de Génie Civil ($> 1 \text{ m}^2$) délimitant la zone source et susceptibles de jouer le rôle de fusibles (portes, parpaings, dalles d'obturation de trémie...). Les éléments de GC de surface supérieure à 1 m^2 séparant les locaux tampons et adjacents sont des projectiles missiles potentiels pour les locaux adjacents concernés,
- Les cibles de sûreté potentielles des locaux séparés de cette zone par au moins un local tampon d'un volume supérieur à celui de la zone source ne sont pas agressées,
- Les cibles de sûreté potentielles des locaux séparés de cette zone par un local tampon d'un volume inférieur à celui de la zone source ne sont pas agressées sauf si elles sont situées sur la trajectoire probable des projectiles missiles potentiels générés par l'explosion (portes, parpaings, dalles d'obturation de trémies),
- Dans la zone tampon tout matériel situé sur la trajectoire des projectiles missiles potentiels (porte, dalle, parpaings) en interface avec la zone source est perdu. Dans le reste du local les matériels intrinsèquement robustes ne sont pas agressés,
- Dans le cas de locaux de grand volume on peut considérer que le local source fait office de zone tampon.

Le potentiel d'agression peut le cas échéant reposer sur des modélisations et être adapté dans le cas de configurations particulières.

On s'assurera que les parois/planchers/plafonds délimitant les zones sources sont suffisamment résistants à l'explosion et conservent les fonctions qui leur sont assignées.

2.1.3.2.2. Cas des bâtiments au sein de l'INB, hors îlot nucléaire

Pour les bâtiments au sein de l'INB hors îlot nucléaire, les modes de dégradation des cibles selon les effets d'explosion sont les suivants :

- Pour l'onde de pression : fissuration ou ruine des structures des bâtiments cibles, endommagement ou destruction des matériels cibles. Le critère de découplage est fixé à 100 hPa pour les bâtiments de l'INB de type EPR,
- Pour le rayonnement thermique : fusion potentielle des structures des bâtiments cibles ou des matériels cibles. Le critère de découplage est fixé à 8 kW/m^2 avec une modulation possible en fonction des matériaux et structures concernés,
- Pour les projectiles : perforation des structures des bâtiments cibles, endommagement ou destruction potentielle des matériels cibles.

2.1.3.2.3. Cas des stockages et conteneurs mobiles au sein de l'INB, hors îlot nucléaire

Pour les stockages et conteneurs mobiles au sein de l'INB hors îlot nucléaire, les modes de dégradation des cibles selon les effets d'explosion sont les suivants :

- Pour l'onde de pression : fissuration ou ruine des structures des bâtiments cibles, endommagement ou destruction des matériels cibles. Le critère de découplage est fixé à 100 hPa pour les bâtiments de l'INB de type EPR,
- Pour le rayonnement thermique : fusion potentielle des structures des bâtiments cibles ou des matériels cibles. Le critère de découplage est fixé à 15 kW/m² pour les surfaces extérieures des réservoirs sous pression,
- Pour les projectiles : perforation des structures des bâtiments cibles, endommagement ou destruction des matériels cibles. Le critère de découplage est fixé à 30 cm d'épaisseur pour une paroi bétonnée vis-à-vis de l'impact du projectile le plus pénalisant émis en cas d'éclatement d'une bouteille B50.

2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES

Les dispositions valorisées dans les études d'explosion interne sont :

- Les dispositions préventives telles que présentées au § 1. et plus particulièrement :
 - La conception des locaux, équipements et de la ventilation afin d'éviter d'engendrer des zones mortes,
 - Les dispositions assurant l'étanchéité des circuits à risque (exemple : intégrité des circuits au séisme dans la mesure du possible),
- Les dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance telles que :
 - La détection de gaz explosif en cas de besoin d'isolement d'une fuite sur un circuit à risque ou d'arrêt de la production de gaz explosif par un process générateur de gaz,
 - La détection de pression en cas de besoin d'isolement d'une fuite sur un circuit à risque,
 - La détection séisme en cas de besoin d'isolement d'une fuite sur un circuit à risque non classé au séisme ou d'arrêt de la production de gaz explosif par un process générateur de gaz,
 - Le maintien de l'extraction d'air dans les locaux,
 - Les actions d'isolement automatique,
- Les dispositions particulières associées à la prise en compte des agressions pour la conception d'équipements redevables d'un classement de sûreté par ailleurs telles que la tenue d'éléments de sectorisation incendie à l'effet de surpression d'une explosion,
- Les dispositions matérielles passives redevables d'un classement de sûreté « autres EIPS » telles que :
 - Les structures génie civil des parcs à gaz,
 - Les portes grillagées,
 - Les équipements dont la défaillance n'est pas postulée dans la démonstration de sûreté alors que cette défaillance pourrait conduire à des scénarii d'agression : circuits hydrogénés dont la défaillance n'est pas postulée,
- Les dispositions organisationnelles telles que :
 - Les actions manuelles d'isolement d'une fuite de gaz explosif ou d'arrêt de production de gaz explosif,
 - Les actions de surveillance et d'exploitation des circuits à risque, process générateur de gaz explosif et stockages,
 - Les procédures particulières valorisées lors d'essais périodiques.

2.2. ANALYSE DE SÛRETE POUR L'EXPLOSION INTERNE DANS L'ILOT NUCLEAIRE

L'analyse détaillée des locaux à risque de l'Ilot Nucléaire est synthétisée dans la [Réf \[4\]](#).

2.2.1. IDENTIFICATION DES SYSTÈMES À RISQUE

Les circuits à risque pour l'Ilot Nucléaire sont listés ci-après. Ils résultent de l'analyse exhaustive des circuits et process de l'IN détaillée dans la [Réf \[2\]](#).

2.2.1.1. SYSTÈME DE DISTRIBUTION D'HYDROGÈNE (SGH)

Le système de distribution de gaz hydrogène (SGH) alimente deux systèmes élémentaires de l'ilot nucléaire en hydrogène pur :

- La station d'hydrogénation RCV dans le bâtiment combustible,
- Le recombiner TEG dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires.

Ce système véhicule de l'hydrogène pur à 100% à partir des bouteilles du système SKZ (Stockage gaz) stockées en extérieur des bâtiments.

Le système SGH est considéré comme étant un circuit à risque d'explosion interne.

Le risque d'explosion à l'intérieur de ce circuit est exclu du fait des dispositions suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Une teneur en hydrogène supérieure à la LSE (Limite Supérieure d'Explosivité) à l'intérieur des tuyauteries en fonctionnement normal (> 75%),
- Ces portions de circuits sont en surpression, excluant ainsi le risque d'entrée d'air dans les tuyauteries en cas de brèche.

2.2.1.2. SYSTÈME D'ÉCHANTILLONAGE NUCLÉAIRE (REN)

Le dégazeur REN est utilisé pour dégazer les prélèvements REN provenant des systèmes RCP, RCV ou RIS. Lors du fonctionnement du dégazeur, compte tenu de l'apport en hydrogène provoqué par le dégazage et du débit d'azote, la teneur en hydrogène dans la phase gaz du dégazeur et les tuyauteries aval peut dépasser les 4% volumique. Les débits mis en jeu restent néanmoins faibles (quelques normo-litres par heure).

Le système REN est considéré comme étant un circuit à risque d'explosion interne.

Le risque d'explosion à l'intérieur de ce circuit est exclu du fait des dispositions suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Une teneur en hydrogène supérieure à la LSE (Limite Supérieure d'Explosivité) à l'intérieur des tuyauteries en fonctionnement normal (> 75%),
- Ces portions de circuits sont en surpression, excluant ainsi le risque d'entrée d'air dans les tuyauteries en cas de brèche.

2.2.1.3. SYSTÈME DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS GAZEUX (TEG) ET SYSTÈMES CONNECTÉS

Le système TEG est constitué de deux parties, une en dépression et une en surpression, le tout formant une boucle quasi-fermée récupérant l'hydrogène, via la mise en place d'un balayage azote, et l'éliminant à l'aide du recombiner TEG.

Le recombiner du système TEG, dont la conception est basée sur les centrales allemandes Konvoi, permet de recombiner l'hydrogène et l'oxygène présents dans le système en eau. Des analyseurs hydrogène/oxygène mesurent les teneurs en amont et en aval du recombiner.

Une régulation basée sur les valeurs mesurées en amont permet d'injecter, en proportion quasi-stœchiométrique, de l'oxygène (via SGO) pour la recombinaison de l'hydrogène ou de l'hydrogène (via SGH) pour la recombinaison de l'oxygène. Le ratio H₂/O₂ en entrée du recombineur est réglé à une valeur proche de 2,05.

De plus, l'alimentation en hydrogène est réalisée de manière à éviter de dépasser une concentration de 4% volumique en hydrogène en amont du recombineur.

Lorsque la tranche est en puissance, le recombineur est utilisé pour la recombinaison de l'hydrogène dégazé dans les différentes capacités récoltant des effluents de type primaire. Lors de l'arrêt et du redémarrage, le circuit primaire étant aéré, le TEG est également utilisé pour la recombinaison de l'oxygène (Cf. [Réf \[2\]](#)).

2.2.1.3.1. ALIMENTATION DU RECOMBINEUR - TEG

L'alimentation en hydrogène pur du recombineur TEG est considérée comme étant à risque explosion interne. On retrouve, sur cette ligne d'injection, les mêmes dispositions de conception que le système SGH concernant les tuyauteries, le type de robinetterie, la qualité de réalisation Q3, ainsi que la détection incendie.

Les dispositions prises à la conception liées à l'alimentation SGH sont rappelées au chapitre 11.1.4.

2.2.1.3.2. BOUCLE TEG

Pour le circuit TEG et les systèmes balayés par le TEG (boucle TEG : RCP, RPE, TEP, REA, RCV), les dispositions décrites ci-après permettent de limiter le risque d'explosion à l'intérieur du circuit. Le cas particulier de l'hydrogène issu du circuit primaire est traité au [§ 2.2.1.6](#).

Le système TEG contribue à limiter le risque d'explosion interne grâce à sa conception et son fonctionnement.

Le principe de défense en profondeur est pris en compte dans le TEG. Il est appliqué par la mise en place de dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences :

Dispositions de prévention :

Des capteurs redondants permettent le suivi des paramètres importants d'exploitation. Notamment, les teneurs en oxygène ou hydrogène sont suivies en continu à différents points du circuit. En cas d'augmentation de ces teneurs, des pré-alarmes existent pour prévenir l'opérateur de l'atteinte possible des seuils maximum. De même, des alarmes sont remontées en cas de défaillance ou d'indisponibilité d'un des cabinets de mesure.

L'implémentation d'alarmes et l'application de modes opératoires (dilution du gaz TEG en cas de concentrations élevées en hydrogène ou oxygène, afin de le ramener à des concentrations acceptables) permettent de contrôler l'évolution de certains paramètres.

Par ailleurs :

- Les principaux consommateurs électriques du système TEG sont connectés à des tableaux électriques secourus par les diesels principaux.
- Une injection d'azote est possible afin de procéder à la dilution du gaz en cas de by-pass du recombineur.
- SKZ est isolé de SGH en cas de défaillance de vannes permettant ainsi de protéger le système TEG de possibles injections d'hydrogène incontrôlées.
- En cas de défaillance, les injections H₂/O₂ sont isolées par le biais de vannes pneumatiques disposant de positions de repli, le recombineur est by-passé et les process générant de l'hydrogène sont stoppés (isolement des circuits situés dans le bâtiment réacteur et arrêt des dégazeurs TEP) pour éviter l'accumulation d'hydrogène dans le circuit.
- En cas de détection d'une entrée d'air, les injections H₂/O₂ sont isolées par le biais de vannes pneumatiques disposant de positions de repli, et les process générant de l'hydrogène sont

stoppés (isolement des circuits situés dans le bâtiment réacteur et arrêt des dégazeurs TEP) pour éviter l'accumulation d'hydrogène dans le circuit. Le maintien en fonctionnement du recombiner permet de maintenir une concentration en hydrogène inférieur à la LIE dans les parties non isolées du circuit.

- En cas de défaillance ou en cas d'atteinte des seuils maximum en hydrogène, le recombiner est by-passé grâce à des vannes pneumatiques à position de repli, afin d'éviter d'envoyer du fluide potentiellement hydrogéné dans une zone à haute température.

Enfin, le principe de maintenance préventive des équipements est appliqué sur les équipements du système TEG.

Dispositions de surveillance :

La surveillance du circuit TEG se fait par des :

- analyses en continu de la teneur en hydrogène et oxygène dans le circuit,
- mesures manuelles périodiques (conformément aux requis du sous-chapitre 9.6 du RDS déclinés dans le Document Standard des Spécifications Chimiques),
- alarmes prévues autour des valeurs de pressions et de débits à différents emplacements du circuit pour détecter toute défaillance du balayage ou fuite externe au système, etc.,

Dispositions de limitation des conséquences :

En supposant le cumul de défaillances (alarmes, moyens de mesure, compresseurs permettant d'assurer le balayage, recombiner) des moyens d'isolement manuels des récipients (vannes) sont mis en place pour réduire les conséquences d'une éventuelle explosion locale au sein du circuit.

D'autre part, le système TEG est en acier inoxydable afin de se prémunir des risques de corrosion.

Une analyse de sûreté considérant une explosion dans le TEG a été réalisée. Elle a permis de montrer que les conséquences d'une explosion ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté pour les agressions internes (Cf. [Réf \[7\]](#)).

2.2.1.4. SYSTÈME DE CONTRÔLE VOLUMÉTRIQUE ET CHIMIQUE DU FLUIDE PRIMAIRE (RCV)

La station d'hydrogénation, disposée en amont des pompes RCV, présente des portions de circuits contenant des concentrations d'hydrogène proches de $\square\%$, puisque connectée directement au circuit SGH.

Elle est également reliée au système TEG via une liaison d'évacuation isolée en fonctionnement normal (tuyauterie \square). Cette tuyauterie véhicule des teneurs en hydrogène identiques à la station d'hydrogénation, lors de ses phases de purge.

Ces portions de circuit sont donc considérées comme étant à risque d'explosion interne.

Le risque d'explosion à l'intérieur de ce circuit est exclu du fait des dispositions suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Une teneur en hydrogène supérieure à la LSE (Limite Supérieure d'Explosivité) à l'intérieur des tuyauteries en fonctionnement normal ($> 75\%$),
- Ces portions de circuits sont en surpression, excluant ainsi le risque d'entrée d'air dans les tuyauteries en cas de brèche.

Par ailleurs, les injections de réactif en amont des pompes de charge du RCV sont réalisées grâce à trois lignes séparées.

Compte tenu des lignes et des réactifs utilisés, il n'y a pas de risque d'explosion par mélange de réactifs au niveau de la station d'injection du RCV.

2.2.1.5. TRAITEMENT DES EFFLUENTS PRIMAIRES (TEP4)

Le dégazeur TEP4 est directement connecté au circuit RCV. Il est principalement utilisé avant et après les phases d'arrêt (par exemple, dégazage du primaire suite à son ouverture). Compte tenu des hypothèses de dimensionnement enveloppes actuellement considérées, certaines portions de ce dégazeur peuvent contenir une concentration volumique d'H₂ supérieure à 4%.

En fonctionnement, ce système est en dépression par rapport aux locaux. En cas de fuite, il n'y a donc pas de risque de relâcher de mélange azote / hydrogène dans les locaux. En revanche, du fait de la dépression, l'air peut s'introduire dans le circuit et générer un risque explosion dans le système.

L'analyse de risque d'explosion à l'intérieur du circuit TEP montre que le risque d'explosion interne est exclu même en cas d'entrée d'air (Cf. [Réf \[2\]](#)) :

- En fonctionnement normal,
- A l'arrêt du fait du balayage par TEG.

Le système TEP4 n'est donc pas à risque d'explosion interne.

2.2.1.6. CIRCUIT PRIMAIRE (RCP) ET CIRCUITS CONNECTÉS AU PRESSURISEUR (RPE ET TEG)


La conception EPR permet de réduire l'accumulation d'hydrogène dans les phases gazeuses du primaire :

- Deux dispositifs permettent de réduire l'accumulation d'hydrogène dans le pressuriseur et les lignes connectées :
 - Les buses d'aspersion rabattant l'hydrogène gazeux vers la phase liquide,
 - Le dégazage effectué en continu tout au long du cycle,
- Le réservoir de décharge du pressuriseur (RDP) est balayé par le système TEG, y-compris lors du fonctionnement en puissance.

Ces dispositions permettent d'assurer une teneur en hydrogène inférieure à 4% vol dans la phase gazeuse du pressuriseur et de limiter le risque dans le RDP.

Certaines lignes connectées au pressuriseur en aval (RCP, TEG, RPE) peuvent cependant atteindre ponctuellement une teneur en hydrogène supérieure à 4% vol, et sont considérées à risque d'explosion interne.

Le risque d'explosion à l'intérieur de ces portions de circuit est exclu du fait des dispositions suivantes :

- Dispositions permettant de limiter la quantité d'oxygène pouvant rentrer dans le circuit en cas de brèche, et donc d'exclure le risque d'explosion à l'intérieur du circuit :
 - Détection hydrogène mise en place pour les Essais Périodiques et arrêt de l'essai en cas de détection d'hydrogène ou de perte de détection pour le RDP et les lignes connectées,
 - La quantité d'oxygène pouvant entrer dans le circuit est limitée par la pression initiale dans le circuit pour le récipient  et les lignes connectées,
- Des dispositions d'échantillonnage et de vidange des récipients RPE1 permettent d'exclure le risque de fuite pendant les phases de maintenance, phases pendant lesquelles les bâches peuvent dépasser transitoirement 4%vol de H₂, et donc d'exclure le risque d'explosion à l'intérieur de ce circuit.

2.2.1.7. BATTERIES

Les batteries ouvertes au plomb présentes dans les bâtiments BL et BD sont des process générateurs d'hydrogène, et sont à ce titre prises en compte dans les études.

2.2.2. BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)

2.2.2.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le Bâtiment Réacteur (BR) est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

Le BR est divisé en deux parties, le HRA et le HRB, abrite de nombreux systèmes assurant des fonctions de sûreté classées F1.

2.2.2.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Le BR présente des locaux □ pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires. Ce bâtiment contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il contient également des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par explosion interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes ARE, RCP, RCV, RIS ou VVP. Il abrite également des barrières de sectorisation incendie (i.e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

2.2.2.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Les capacités liées au RCP ne sont pas considérées à risque explosion en situation normale d'exploitation (Cf. [Réf \[2\]](#)).

Le BR ne comporte pas de systèmes et circuits à risque et donc pas de local à risque d'explosion interne, hormis les cas traités dans le [§ 2.2.8.](#) (Cf. [Réf \[4\]](#)).

2.2.2.4. ANALYSE

Il n'y a pas de local à risque avéré dans le BR (Cf. [§ 2.2.8.](#)).

2.2.2.5. PARADES SPÉCIFIQUES

Aucune parade spécifique n'a été valorisée pour exclure le risque d'explosion interne dans les locaux du BR, excepté les cas traités au [§ 2.2.8.](#)

2.2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE ÉLECTRIQUE (BAS/BL)

2.2.3.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde et Electriques (BAS/BL) sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

Les BAS/BL sont constitués de quatre divisions réparties autour du Bâtiment Réacteur.

2.2.3.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les BAS/BL abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au BR et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^{ème} file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI, et électriques. Ils contiennent des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par explosion interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, REN, VDA ou VVP. Ils abritent également des barrières de sectorisation incendie (i.e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

Les BAS 1 à 4 contiennent des tuyauteries à exclusion de rupture sur les systèmes VDA et VVP.

2.2.3.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Les BAS/BL ne contiennent aucun circuit à risque. Seuls les locaux batteries sont pris en compte du fait du dégagement d'hydrogène en conditions d'exploitation normale. Les locaux batteries sont donc considérés comme des locaux à risque explosion.

Les initiateurs considérés sont les suivants :

- La défaillance aléatoire et maintenance préventive : perte de la ventilation dans les locaux batteries,
- Les agressions internes ou externes définies au § 1.2, susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive : le séisme (et son complément le séisme événement), le MDTE et le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE). Le risque d'agression par PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême) et foudre est exclu à l'intérieur des bâtiments de l'îlot nucléaire.

La stratégie de gestion de l'explosion interne dans ces locaux à risque repose sur des mesures de prévention permettant d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux.

En fonctionnement normal, la conception de la ventilation et des locaux permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène et la présence de zone morte dans les locaux (Cf. [Réf \[4\]](#)).

En cas de détection d'hydrogène par les capteurs KRH ou de détection de perte de ventilation DVL dans les locaux , il est nécessaire de couper la charge des batteries afin d'arrêter l'accumulation d'hydrogène. .

La perte éventuelle de la fonction de soufflage ne compromet pas la fonction d'extraction de l'air du local vers l'extérieur. La conception du système permet de détecter, via la surveillance du débit d'extraction, un défaut de renouvellement d'air dans les locaux et permet ainsi d'éviter la formation d'une atmosphère explosive dans les locaux .

Lorsque les batteries sont en charge, la production d'hydrogène est très supérieure à celle du maintien en charge (floating). La détection d'hydrogène dans un local provoque le basculement automatique du mode de charge des batteries au mode floating dans le local concerné. Ainsi, le délai entre la détection d'hydrogène et l'atteinte de la LIE revient au délai disponible en mode floating des batteries.

En cas de séisme, les batteries ainsi que les files d'extraction ne sont pas agressées. Les files d'extraction sont secourues en cas de MDTE.

En cas de RTHE, il existe un risque de perdre soit les batteries, soit une partie de file de ventilation mais pas la détection KRH qui permet de détecter les relâchements d'hydrogène et de stopper la production d'hydrogène.

2.2.3.4. ANALYSE

L'analyse a été réalisée en considérant une dilution homogène de l'hydrogène dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception de la ventilation et des locaux. Les calculs montrent qu'en cas de perte de la ventilation le délai entre la détection d'hydrogène dans le local et l'atteinte de la LIE est amplement suffisant pour couper la charge des batteries et ainsi éviter l'atteinte de la LIE dans le local, que les batteries soient en charge ou en floating au début du scénario.

Les locaux des bâtiments BAS/BL ne sont donc pas à risque avéré.

Compte-tenu des dispositions de conception des locaux et de la ventilation permettant d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans les locaux en fonctionnement normal, l'analyse de l'absence d'effet falaise n'est pas réalisée.

2.2.3.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance :
 - La détection d'hydrogène KRH dans les locaux .
 - Le basculement du mode charge vers le mode floating des batteries en cas de détection d'hydrogène ou de perte de la ventilation dans le local,
 - Le maintien de l'extraction d'air dans les locaux des BL,
- Disposition organisationnelle : la coupure de la charge des batteries en cas de détection d'hydrogène ou de perte de la ventilation dans le local.

2.2.4. BÂTIMENT DE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE USÉ (BK)

2.2.4.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le Bâtiment Combustible (BK) est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2.

Le BK est physiquement scindé en deux divisions de sûreté (jusqu'au niveau m inclus).

2.2.4.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Le BK contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient des tuyauteries et autres équipements dont l'agression par explosion interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN ou TEG. Il abrite également des barrières de sectorisation incendie (i. e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur le système PTR.

2.2.4.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Le BK abrite la station d'hydrogénation RCV et des tuyauteries SGH et TEG considérées comme à risque explosion (Cf. [§ 2.2.1.](#)), en plus des cas traités dans le [§ 2.2.8.](#) (Cf. [Réf \[4\]](#)). Les initiateurs considérés sont les suivants :

- Le risque lié à la présence de singularités démontables sur les circuits de gaz explosifs sous pression,
- Les agressions internes ou externes définies au [§ 1.2.](#) susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive : le séisme (et son complément le séisme événement), le MDTE et le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE). Le risque d'agression par PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême) et foudre est exclu à l'intérieur des bâtiments de l'îlot nucléaire,
- La défaillance aléatoire et maintenance préventive : perte de la ventilation dans les locaux.

La stratégie de gestion de l'explosion interne dans ces locaux à risque repose sur des mesures de prévention permettant d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux et montre que (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- locaux contiennent des circuits hydrogénés, parmi lesquels contiennent des singularités démontables,
- Les lignes RCV, SGH et TEG dans le BK sont intègres au séisme,
- Des systèmes haute énergie (RCV, REN, RES...) circulent dans certains locaux contenant des circuits à risque hydrogène. Les détecteurs KRH sont redondés dans ces locaux. Sur détection d'hydrogène ou en cas de perte des deux capteurs KRH dans ces locaux par une RTHE, l'alimentation en hydrogène est automatiquement coupée au niveau du parc à gaz.

En fonctionnement normal, la conception de la ventilation et des locaux permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans □ du BK dans le temps. L'analyse (Cf. [Réf \[4\]](#)) conclut à l'absence de zone morte vis-à-vis du risque d'explosion interne dans ces locaux.

2.2.4.4. ANALYSE

Les calculs de volume d'hydrogène libéré ont été réalisés en considérant une dilution homogène de l'hydrogène dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception de la ventilation et des locaux. Ces calculs montrent que la LIE n'est pas atteinte dans ces locaux sans valorisation de la ventilation dans les calculs.

Il n'y a donc pas de local à risque avéré dans le bâtiment BK.

Néanmoins, les études complémentaires (Cf. [Réf \[4\]](#)), réalisées en considérant une dilution hétérogène dans les locaux avec des hypothèses enveloppes, démontrent qu'une accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté ne peut pas être exclue. Ces études démontrent cependant l'absence d'effet falaise en cas d'explosion interne dans le BK. De plus, compte tenu des évolutions de conception de l'installation, il n'y a pas de rupture de la sectorisation de sûreté incendie en cas d'explosion interne dans les locaux du BK. En effet, le requis de conception de la porte HK-1018DO a évolué depuis l'état de conception considéré dans ces études.

2.2.4.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance :
 - Isolement de l'appoint en hydrogène de la station d'hydrogénation sur détection KRH ou sur défaillance de la redondance KRH dans les locaux contenant des systèmes haute énergie susceptibles d'agresser les tuyauteries hydrogénées,
 - Détection d'hydrogène KRH,
- Disposition matérielle passive redevable d'un classement de sûreté « autres EIPS » : porte grillagée entre les locaux □.

2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)

2.2.5.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) est décrit dans le paragraphe 2.6 de la section 1.2.3.2.

2.2.5.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Ce bâtiment ne contient pas d'équipement classé F1. Il abrite néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par explosion interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes TEG, RCV, ou REN. Il abrite également des barrières de sectorisation incendie (i.e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

2.2.5.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Le BAN abrite les systèmes à risque suivants (Cf. [§ 2.2.1.](#)), en plus des cas traités dans le [§ 2.2.8.](#) (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Le système d'alimentation en hydrogène SGH considéré comme à risque explosion,
- Les tuyauteries TEG alimentant en hydrogène pur le système de recombinaison H₂/O₂,
- Certaines tuyauteries connectées au dégazeur REN.

Les initiateurs considérés sont les suivants :

- Le risque lié à la présence de singularités démontables sur les circuits de gaz explosifs sous pression,
- Les agressions internes ou externes définies au § 1.2. susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive : le séisme (et son complément le séisme événement), le MDTE et le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE). Le risque d'agression par PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême) et foudre est exclu à l'intérieur des bâtiments de l'îlot nucléaire,
- La défaillance aléatoire et maintenance préventive : perte de la ventilation dans les locaux.

La stratégie de gestion de l'explosion interne dans ces locaux à risque repose sur des mesures de prévention permettant d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux et montre que (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- locaux contiennent des circuits hydrogénés, parmi lesquels contiennent des singularités démontables,
- Les lignes SGH et TEG dans le HN ne sont pas classées au séisme : elles constituent donc des sources de fuites d'hydrogène en cas de séisme. Afin de se prémunir du risque d'explosion en cas d'agression des lignes SGH et TEG suite à un séisme dans le BAN, la détection du séisme d'inspection par le système KRA isole l'alimentation hydrogène SKZ du parc à gaz HZH. D'autre part, l'agression par séisme n'ajoute pas de locaux à risque à traiter pour le REN.
- Des systèmes haute énergie circulent dans certains locaux contenant des circuits à risque hydrogène. Les détecteurs KRH sont redondés dans ces locaux. Sur détection d'hydrogène ou en cas de perte des deux capteurs KRH dans ces locaux par une RTHE, l'alimentation en hydrogène est automatiquement coupée au niveau du parc à gaz. D'autre part, l'agression par RTHE n'ajoute pas de locaux à risque à traiter pour le REN.

En fonctionnement normal, la conception de la ventilation et des locaux permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans les locaux à risque du BAN dans le temps. L'analyse (Cf. [Réf \[4\]](#)) conclut à l'absence de zone morte vis-à-vis du risque d'explosion interne dans ces locaux.

2.2.5.4. ANALYSE

Les calculs de volume d'hydrogène libéré ont été réalisés en considérant une dilution homogène du gaz dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception de la ventilation et des locaux. Ces calculs montrent que la LIE n'est pas atteinte dans ces locaux sans valorisation de la ventilation dans les calculs. Il n'y a donc pas de local à risque avéré dans le BAN.

Néanmoins, les études complémentaires (Cf. [Réf \[4\]](#)), réalisées en considérant une dilution hétérogène dans les locaux avec des hypothèses enveloppes, démontrent :

- Soit qu'une accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté est exclue et que le risque d'explosion interne n'est donc pas avéré dans les locaux du BAN. Dans ce cas, le risque n'étant pas avéré, l'analyse de l'absence d'effet falaise et de l'absence rupture de sectorisation de sûreté incendie n'est pas réalisée.
- Soit qu'une accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté ne peut pas être exclue. Dans ce cas, ces études démontrent l'absence d'effet falaise et l'absence de rupture de sectorisation de sûreté incendie en cas d'explosion interne dans le BAN.

2.2.5.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

- Dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance :
 - Isolement de la distribution d'hydrogène SKZ sur détection d'un séisme d'inspection, sur détection d'hydrogène ou sur défaillance de la redondance KRH dans les locaux contenant des systèmes haute énergie susceptibles d'agresser les tuyauteries hydrogénées,

- Détection d'un séisme KRA,
- Détection d'hydrogène KRH,

- Disposition organisationnelle : isolement du dégazeur REN en cas de non-utilisation et limitation de son utilisation.

2.2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENTS DES EFFLUENTS (BTE)

2.2.6.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) est décrit dans le paragraphe 2.9 de la section 1.2.3.2.

2.2.6.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Ce bâtiment ne contient pas d'équipement classé F1. Il abrite néanmoins des tuyauteries et équipements dont l'agression par explosion interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes TEG, RCV, ou REN. Il abrite également des barrières de sectorisation incendie (i.e. tout élément passif ou actif garantissant la sectorisation de sûreté incendie).

2.2.6.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Le BTE ne comporte pas de systèmes et circuits à risque et donc pas de local à risque d'explosion interne (Cf. [Réf \[4\]](#)).

2.2.6.4. ANALYSE

Le BTE ne contenant ni circuit à risque, ni local batterie, aucun local à risque avéré d'explosion interne n'y est identifié (Cf. [Réf \[4\]](#)).



2.2.6.5. PARADES SPÉCIFIQUES

Aucune parade spécifique n'a été valorisée pour exclure le risque d'explosion interne dans les locaux du BTE.

2.2.7. BÂTIMENT DIESEL (BD)

2.2.7.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Les Bâtiments Diesels (BD) sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

Les BD sont au nombre de deux (abritant chacun deux divisions principales et une division de secours SBO). Ces bâtiments , abritent plusieurs dispositifs redondants qui permettent d'assurer l'alimentation électrique de systèmes importants pour la sûreté de la tranche, notamment en cas de perte totale des sources électriques extérieures. La conception de ces bâtiments () est favorable à la robustesse de l'installation vis-à-vis des conséquences des agressions internes.

Les trois divisions présentes dans chacun des BD sont protégées par des murs afin qu'une agression interne dans une division ne se propage pas vers une autre. Chaque division représente une zone de feu de sûreté.

2.2.7.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les BD contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement. Aucune agression par explosion interne d'un équipement ou d'une tuyauterie dans les BD n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

En outre, ces bâtiments n'abritent pas de tuyauteries à exclusion de rupture ou de fuite.

2.2.7.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Les BD ne contiennent aucun circuit à risque. Seuls les locaux [] sont pris en compte du fait du dégagement d'hydrogène en conditions d'exploitation normale. Les locaux [] sont donc considérés comme des locaux à risque explosion.

Les initiateurs considérés sont les suivants :

- La défaillance aléatoire et maintenance préventive : [],
- Les agressions internes ou externes définies au § 1.2. susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive : le séisme (et son complément le séisme événement), le MDTE et le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE). Le risque d'agression par PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême) et foudre est exclu à l'intérieur des bâtiments de l'îlot nucléaire.

La stratégie de gestion de l'explosion interne dans ces locaux à risque repose sur des mesures de prévention permettant d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux.

En fonctionnement normal, la conception de [] permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène et la présence de zone morte dans les locaux [] (Cf. Réf [4]).

En cas de détection d'hydrogène par les capteurs KRH ou de détection de perte de ventilation DVD dans les locaux [], il est nécessaire de couper la charge des batteries afin d'arrêter l'accumulation d'hydrogène. [].

La perte éventuelle de la fonction de soufflage ne compromet pas la fonction d'extraction de l'air du local vers l'extérieur. La conception du système permet de détecter, via la surveillance du débit d'extraction, un défaut de renouvellement d'air dans les locaux et permet ainsi d'éviter la formation d'une atmosphère explosive dans les locaux [].

Lorsque les batteries sont en charge, la production d'hydrogène est très supérieure à celle du maintien en charge (floating). La détection d'hydrogène dans un local provoque le basculement automatique du mode de charge des batteries au mode floating dans le local concerné. Ainsi, le délai entre la détection d'hydrogène et l'atteinte de la LIE revient au délai disponible en mode floating des batteries.

En cas de séisme, les batteries ainsi que les files d'extraction ne sont pas agressées. Les files d'extraction sont secourues en cas de MDTE.

En cas de RTHE, les batteries, les détecteurs KRH et l'extraction des locaux batteries ne sont pas perdus.

2.2.7.4. ANALYSE

L'analyse a été réalisée en considérant une dilution homogène de l'hydrogène dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception de la ventilation et des locaux. Les calculs montrent qu'en cas de perte de la ventilation le délai entre la détection d'hydrogène dans le local et l'atteinte de la LIE est amplement suffisant pour permettre [] de couper la charge des batteries et ainsi éviter l'atteinte de la LIE dans le local, que les batteries soient en charge ou en floating au début du scénario.

Les locaux [] des BD ne sont donc pas à risque avéré.

Compte-tenu des dispositions de conception des locaux et de la ventilation permettant d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans les locaux en fonctionnement normal, l'analyse de l'absence d'effet falaise n'est pas réalisée.

2.2.7.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (Cf. Réf [4]) :

- Dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance :

- La détection d'hydrogène KRH dans les locaux [],
 - Le basculement du mode charge vers le mode floating des batteries en cas de détection d'hydrogène ou de perte de la ventilation dans le local,
 - Le maintien de l'extraction d'air dans les locaux [],
- Disposition organisationnelle : la coupure de la charge des batteries [] en cas de détection d'hydrogène ou de perte de la ventilation dans le local.

2.2.8. CAS PARTICULIER DE L'HYDROGÈNE ISSU DU CIRCUIT PRIMAIRE (BR, BK, BAN)

2.2.8.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Les bâtiments concernés pour le cas particulier de l'hydrogène issu du circuit primaire sont le Bâtiment Combustible (BK), le Bâtiment Réacteur (BR) et le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN). Ils sont décrits respectivement aux [§ 2.2.2.1.](#), [§ 2.2.4.1.](#) et [§ 2.2.5.1.](#)

2.2.8.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles pour les bâtiments BK, BR et BAN sont respectivement identifiées aux [§ 2.2.2.2.](#), [§ 2.2.4.2.](#) et [§ 2.2.5.2.](#)

2.2.8.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Les dispositions évoquées au [§ 2.2.1.](#) permettent d'assurer une teneur en hydrogène inférieure à 4% vol dans le pressuriseur et de limiter le risque dans le RDP. Certaines lignes en aval du pressuriseur peuvent cependant atteindre ponctuellement une teneur en hydrogène supérieure à 4%vol :

- Les lignes connectées au RDP, pendant les essais périodiques des soupapes du pressuriseur qui ont lieu sur une courte durée à chaque cycle,
- Certaines lignes connectées à la bêche RPE qui collecte notamment la vapeur issue de la ligne de dégazage du pressuriseur, hors fonctionnement en puissance.

Les initiateurs considérés sont les suivants :

- Le risque lié à la présence de singularités démontables sur les circuits de gaz explosifs sous pression,
- Les agressions internes ou externes définies au [§ 1.2.](#) susceptibles de conduire à la formation d'une atmosphère explosive : le séisme (et son complément le séisme événement), le MDTE et le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE). Le risque d'agression par PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême) et foudre est exclu à l'intérieur des bâtiments de l'îlot nucléaire,
- La défaillance aléatoire et maintenance préventive : perte de la ventilation dans les locaux.

La stratégie de gestion de l'explosion interne dans ces locaux à risque repose sur des mesures de prévention permettant d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux et montre que (Cf. [Réf \[4\]](#)) :

Pour le RDP :

- Les circuits connectés au RDP pouvant dépasser la LIE sont installés dans [] locaux du BR, dont [] contiennent des singularités démontables,
- Les lignes concernées sont intègres au séisme et ne sont pas agressées,
- D'autre part, la courte durée de l'essai périodique rend une conjonction de l'essai et d'une RTHE très improbable.

En fonctionnement normal, la conception des locaux permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans les locaux à risque du BR dans le temps. L'analyse (Cf. [Réf \[4\]](#)) conclut à l'absence de zone morte vis-à-vis du risque d'explosion interne dans ces locaux.

Pour la bâche RPE :

- Les circuits connectés à la bâche RPE pouvant dépasser la LIE sont installés dans □ locaux du BR, du BK et du BAN, dont □ contiennent des singularités démontables,
- Les lignes concernées sont intègres au séisme et ne sont pas agressées hormis pour deux locaux du BAN,
- Les lignes peuvent être agressées par RTHE dans □ locaux.

En fonctionnement normal, la conception des locaux permet d'éviter l'accumulation localisée d'hydrogène dans les locaux à risque du BR, BK et BAN dans le temps. L'analyse (Cf. [Réf \[4\]](#)) conclut à l'absence de zone morte vis-à-vis du risque d'explosion interne dans ces locaux.

2.2.8.4. ANALYSEPour le RDP :

Le volume total d'hydrogène relâché dans les locaux est limité par l'arrêt de l'essai périodique en cas de détection d'une fuite d'hydrogène dans les locaux. Les calculs ont été réalisés en considérant une dilution homogène de l'hydrogène dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception des locaux. Ces calculs montrent que la LIE n'est pas atteinte dans les locaux, sans valorisation de la ventilation.

Néanmoins, une étude complémentaire (Cf. [Réf \[4\]](#)) réalisée en considérant une dilution hétérogène dans les locaux avec des hypothèses enveloppes, démontre qu'une accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté est exclue et que le risque d'explosion interne n'est donc pas avéré dans les locaux du BR.

Le risque n'étant pas avéré, l'analyse de l'absence d'effet falaise n'est pas réalisée.

Pour la bâche RPE :

Les circuits concernés fonctionnent dans une plage de dépression. L'apparition éventuelle d'une brèche aurait donc pour effet une élévation anormale de la pression. Lorsque la pression de 1 bar est atteinte, l'hydrogène provenant en continu du pressuriseur et des joints des GMPP peut alors se répandre dans le local concerné. La détection de cette élévation de pression par les capteurs installés sur le TEG provoque l'isolement des termes sources d'hydrogène dans des délais permettant de ne pas atteindre la LIE dans les locaux. Les calculs ont été réalisés en considérant une dilution homogène de l'hydrogène dans les locaux compte-tenu des dispositions de conception des locaux, sans valorisation de la ventilation.

Néanmoins, l'étude complémentaire (Cf. [Réf \[4\]](#)), réalisée en considérant une dilution hétérogène dans les locaux avec des hypothèses enveloppes, démontre qu'une accumulation locale et temporaire d'hydrogène pouvant conduire à une explosion susceptible d'impacter la sûreté est exclue et que le risque d'explosion n'est donc pas avéré dans les locaux du BR, BK et BAN.

Le risque n'étant pas avéré, l'analyse de l'absence d'effet falaise n'est pas réalisée.

2.2.8.5. PARADES SPÉCIFIQUESPour le RDP :

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes :

- Disposition active valorisée comme moyen de prévention et de surveillance : la détection d'hydrogène KRH dans les locaux du BR lors des Essais Périodiques (Cf. paragraphe 4.3.7 de la section 9.5.7.3),
- Dispositions organisationnelles :

- Arrêt de l'essai en cas de détection d'une fuite d'hydrogène dans les locaux ou de perte de détection,
- Les dispositions prévues par les procédures d'essais périodiques.

Pour la bâche RPE :

La démonstration s'appuie sur les dispositions actives valorisées comme moyens de prévention et de surveillance suivantes :

- Isolement des termes sources d'hydrogène en cas de détection par les capteurs de pression du TEG d'une élévation de pression anormale, ou en cas de perte de capteurs redondants,
- Détection de la sortie de la plage normale de pression du circuit.

2.2.9. BILAN POUR L'ÎLOT NUCLÉAIRE

En l'absence de risque ATEX dans l'îlot nucléaire, l'analyse des conséquences d'une explosion interne vis à vis des cibles de sûreté n'est pas exigée par le référentiel de sûreté.

2.3. ANALYSE DES RISQUES D'EXPLOSION INTERNE À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS, AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE

L'analyse détaillée des locaux à risque pour les bâtiments hors îlot nucléaire est synthétisée dans la [Réf \[5\]](#).

Pour chacun des locaux où se situent des systèmes à risque d'explosion (locaux dits à risque), une analyse est menée pour identifier s'ils sont à risque avéré ou non (c'est-à-dire que la formation d'une atmosphère explosive ne peut pas être exclue malgré la conception des systèmes).

2.3.1. IDENTIFICATION DES SYSTÈMES À RISQUE

L'identification des systèmes à risque est détaillée dans la [Réf \[3\]](#).

2.3.1.1. SYSTÈME DE TRAITEMENT DE L'EAU DE CIRCULATION (CTE)

Le système CTE produit et injecte de l'hypochlorite de sodium dans les différents circuits de refroidissement de la tranche. La production d'hypochlorite de sodium est réalisée par électrolyse de l'eau de mer grâce à des électrolyseurs. A la sortie des électrolyseurs, l'hypochlorite de sodium est dirigé vers un dégazeur afin de séparer et d'extraire l'hydrogène. L'hydrogène est extrait du dégazeur par l'intermédiaire de ventilateurs situés en toiture de la station de pompage.

Le système CTE conduit à la formation d'hydrogène en fonctionnement normal et est considéré comme un circuit à risque d'explosion interne.

2.3.1.2. SYSTÈME DE PRÉ-FILTRATION (SEF) ET DE FILTRATION (CFI)

En station de pompage, les systèmes SEF et CFI permettent la récupération de divers corps marins organiques dont la décomposition conduit à la production de sulfure d'hydrogène (H₂S), gaz retenu comme potentiellement initiateur d'un risque d'explosion. Les déchets sont évacués en continu par un débit d'eau brute en dehors de la station de pompage.

2.3.1.3. DISTRIBUTION D'HYDROGÈNE (SKZ) ET CIRCUIT DE REMPLISSAGE, VIDANGE ET D'APPOINT EN HYDROGÈNE DE L'ALTERNATEUR (GRV)

L'hydrogène est stocké sur le parc à gaz HZH. Le système SKZ fournit ensuite l'hydrogène aux systèmes SGH (circuit de distribution d'hydrogène) et GRV (circuit de remplissage, vidange et d'appoint en hydrogène de l'alternateur). Les tuyauteries SKZ et GRV sont à double enveloppe dans

les bâtiments afin de protéger les conduites d'hydrogène et de détecter une éventuelle fuite au moyen d'une mesure de pression dans la double enveloppe.

Les circuits véhiculant de l'hydrogène dans l'îlot conventionnel sont considérés à risque d'explosion interne. Cependant, le risque d'explosion à l'intérieur de ces circuits est exclu du fait d'une teneur en hydrogène supérieure à la LSE (Limite Supérieure d'Explosivité) à l'intérieur des tuyauteries en fonctionnement normal, et de la mise en pression de ces circuits en fonctionnement normal, excluant ainsi le risque d'entrée d'air dans les tuyauteries en cas de brèche (cf. [Réf \[5\]](#)).

2.3.1.4. BATTERIES (LAV/LAW ET GEV)

La charge des batteries engendre une production d'hydrogène dans les locaux. Dans ces locaux, une ventilation permanente extrait l'hydrogène dégagé pendant la charge des batteries et évite l'accumulation de gaz. Les batteries non étanches sont considérées à risque d'explosion interne.

2.3.1.5. RÉSERVE D'AZOTE POUR LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE (JGF)

Une réserve de bouteilles d'azote, sous forme gazeuse et sous pression, est prévue pour lutter contre un incendie dans les locaux du bâtiment électrique non classé. Ce stockage sous pression présente un risque d'explosion unitaire (REU).

2.3.1.6. CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT DE L'ALTERNATEUR (GRV), D'ÉTANCHÉITÉ DE L'ALTERNATEUR (GHE) ET SYSTÈME DE STOCKAGE DES RÉACTIFS (SIR) EN SALLE DES MACHINES

Le système SIR permet le conditionnement chimique de plusieurs circuits par injection de réactifs dont l'ammoniac, identifié comme gaz explosif.

Le système GRV permet l'alimentation en gaz (air, azote, hydrogène) de l'alternateur et le maintien en fonctionnement des paramètres physico-chimiques de l'hydrogène.

Le système GHE contribue à l'étanchéité de l'alternateur lorsqu'il est sous pression d'hydrogène. La rupture des tuyauteries pourrait entraîner la vidange de l'hydrogène contenu dans l'alternateur et dans le cadre d'hydrogène connecté au réseau en salle des machines.

Ces circuits et systèmes sont considérés à risque d'explosion interne. Cependant, le risque d'explosion à l'intérieur de ces circuits et systèmes est exclu du fait des dispositions suivantes (cf. [Réf \[5\]](#)) :

- Pour le circuit GRV : la présence d'arrêt flammes au niveau des cheminées de rejet implantées en toiture de la salle des machines, une teneur en hydrogène supérieure à la LSE à l'intérieur des tuyauteries en fonctionnement normal, et la mise en pression de ce circuit en fonctionnement normal excluant ainsi le risque d'entrée d'air dans les tuyauteries en cas de brèche.
- Pour le circuit GHE : le maintien, en fonctionnement normal, d'un taux d'hydrogène dans les capacités inférieur à 10 % de la LIE (Limite Inférieure d'Explosivité), c'est-à-dire inférieur à 0,4%.
- Pour les bâches d'ammoniaque du système SIR : le non raccordement des événements de ces bâches au réseau commun de collecte des événements des autres produits chimiques et la présence d'un système de pare-feu sur ces événements.

Seul le risque d'explosion consécutif au séisme, à l'incendie ou au fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE) est étudié (cf. [§ 2.3.2.3.](#)).

2.3.2. SALLE DES MACHINES

2.3.2.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

La salle des machines est décrite dans le paragraphe 3.1 de la section 1.2.3.2.

2.3.2.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer sont l'ensemble des bâtiments de l'îlot nucléaire, la station de pompage et l'ouvrage de rejet.

2.3.2.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

La salle des machines contient les circuits à risque suivants :

- le système GRV, véhiculant de l'hydrogène pour le refroidissement de l'alternateur,
- le système SIR, qui contient notamment des bâches de stockage d'ammoniaque, dont les vapeurs peuvent former un mélange explosif avec l'air,
- le système GHE, qui contribue à l'étanchéité de l'alternateur lorsqu'il est sous pression d'hydrogène,
- le système SKZ, qui permet l'alimentation en hydrogène de l'îlot nucléaire.

L'analyse réalisée (cf. [Réf \[5\]](#)) ne permet pas d'exclure le risque d'explosion pour ces circuits, ce qui conduit à considérer la salle des machines comme à risque avéré d'explosion dont les conséquences sont évaluées dans la [Réf \[5\]](#).

Trois initiateurs sont étudiés vis-à-vis du risque d'explosion dans la salle des machines :

- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- l'incendie,
- le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE).

Les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE) et la foudre ne sont pas retenus en tant qu'initiateurs d'explosion en salle des machines car la structure génie civil du bâtiment protège les systèmes à risque vis-à-vis de ces deux agressions.

2.3.2.4. ANALYSE

Les scénarios d'explosion enveloppes suivants sont pris en compte dans l'analyse de risque d'explosion interne en salle des machines (cf. [Réf \[5\]](#)) :

- Scénario enveloppe de vidange totale de l'hydrogène contenu dans l'alternateur et dans un cadre d'hydrogène connecté au réseau, conduisant à une explosion en salle des machines.
- Scénario de vidange des bâches SIR contenant de l'ammoniaque : ce phénomène entraîne la formation d'un nuage d'ammoniac, potentiellement explosif, dont les surpressions incidentes en salle des machines sont inférieures à celles du premier scénario mentionné.

Les configurations en termes d'encombrement et de confinement des locaux de la salle des machines ne permettent pas d'éviter une accumulation localisée des gaz explosifs et donc une dilution hétérogène en cas de fuite dans ces locaux. Bien que la création de zones d'accumulation de gaz explosif dans des zones mortes soit possible à l'intérieur de la salle des machines, les conséquences des éventuelles explosions au niveau des zones mortes sont couvertes par celles des deux scénarios d'explosion enveloppes mentionnés ci-avant.

L'analyse montre que les effets d'une explosion d'hydrogène en salle des machines sur les bâtiments classés de sûreté restent plus faibles que l'impact d'une onde de surpression externe de 100 mbar, d'un ébranlement ou des projectiles générés par le vent pris en compte dans le dimensionnement des bâtiments et matériels classés de sûreté. Cette explosion est donc sans impact sur les bâtiments classés de sûreté.

2.3.2.5. PARADES SPÉCIFIQUES

Aucune parade spécifique n'a été valorisée pour exclure le risque d'explosion interne à la salle des machines, exceptée la structure génie civil du bâtiment vis-à-vis des agressions PGVE et foudre (cf. [Réf \[7\]](#)).

2.3.3. BÂTIMENT ÉLECTRIQUE NON CLASSÉ

2.3.3.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le bâtiment électrique non classé est décrit dans le paragraphe 3.2 de la section 1.2.3.2.

2.3.3.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer sont les galeries SEC classées HGF et HGG en communication avec le niveau - 5,70 m du bâtiment via deux trémies électriques.

2.3.3.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Le bâtiment électrique non classé contient deux locaux [] situés au niveau [] m. Les locaux [] sont ventilés en permanence en fonctionnement normal : lorsque la ventilation fonctionne, le risque d'explosion est exclu. En revanche, la perte de la ventilation non classée de ces locaux pendant la charge des batteries entraînerait une accumulation d'hydrogène dans les locaux batteries pouvant conduire à terme à une explosion.

Quatre initiateurs sont étudiés vis-à-vis du risque d'explosion dans les locaux [] :

- la foudre,
- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE),
- la perte de la ventilation non classée des locaux [] (par une défaillance aléatoire ou suite à un incendie).

Le risque de fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE) est exclu dans les locaux [] car aucune tuyauterie haute énergie ne circule dans ces locaux.

La charge des batteries est coupée sur détection séisme, hydrogène ou incendie dans les locaux [] afin d'éviter l'accumulation d'hydrogène. La cage de Faraday et le réseau de terre du bâtiment permettent de le protéger vis-à-vis de la foudre. Ces dispositions de prévention permettent ainsi d'exclure le risque d'explosion dans les locaux [] du bâtiment électrique non classé.

Le bâtiment électrique non classé comporte également une réserve d'azote stocké sous forme gazeuse et sous pression dans un local [].

Quatre initiateurs sont étudiés vis-à-vis du risque d'éclatement de bouteille d'azote :

- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- l'incendie,
- le défaut de conception de la bouteille.

Les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE) et la foudre ne peuvent pas initier un éclatement de bouteille d'azote du fait de la localisation enterrée de la réserve d'azote ([] m) et de la

cage de Faraday du bâtiment. Le risque d'explosion unitaire d'une bouteille d'azote est donc avéré dans le local [] dont les conséquences sont étudiées dans la [Réf \[5\]](#).

2.3.3.4. ANALYSE

L'analyse de sûreté (cf. [Réf \[5\]](#)) démontre l'absence d'atteinte des cibles de sûreté en cas d'explosion d'une bouteille d'azote (risque d'explosion unitaire) du fait de leur localisation. L'application du principe de dilution hétérogène de l'azote n'a pas lieu d'être puisque l'azote n'est pas un gaz explosif et le scénario étudié est un scénario d'éclatement de capacité.

Concernant les locaux [] du bâtiment, leurs configurations en termes d'encombrement et de confinement permettent d'éviter une accumulation localisée d'hydrogène et donc une dilution hétérogène dans ces locaux pendant la charge des batteries. De plus, la présence éventuelle d'hydrogène dans ces locaux serait détectée par les détecteurs d'hydrogène situés aux plafonds qui donneraient l'ordre de coupure de la charge des batteries. A ce titre, la concentration moyenne d'hydrogène dans les locaux [] est inférieure à la LIE. Ces locaux ne sont donc pas considérés comme à risque avéré.

2.3.3.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (cf. [Réf \[7\]](#)) :

- Dispositions matérielles passives : vis-à-vis du risque d'explosion consécutif à la foudre, le réseau de terre et la cage de Faraday du bâtiment électrique non classé permettent l'évacuation du courant de foudre vers la terre. Les systèmes à risque d'explosion du bâtiment électrique non classé sont donc protégés des effets de la foudre.
- Dispositions organisationnelles : le stockage des bouteilles de gaz dans le bâtiment électrique non classé doit être effectué dans la zone prévue à cet effet au niveau [] m.
- Dispositions matérielles actives : la coupure de la charge des batteries (automatique pour LAV/LAW, manuelle pour GEV) sur détection incendie, séisme ou hydrogène.

2.3.4. STATION DE POMPAGE

2.3.4.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

La station de pompage est décrite dans le paragraphe 3.3.1 de la section 1.2.3.2.

2.3.4.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer sont les équipements du système SEC ainsi que les équipements des systèmes supports SEF, CFI et DVP du bâtiment.

2.3.4.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Les portions de circuit CTE véhiculant de l'hydrogène et identifiées à risque d'explosion interne sont situées en station de pompage dans un local [].

Cinq initiateurs sont étudiés vis-à-vis du risque d'explosion dans le local CTE :

- la foudre,
- les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE),
- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- l'incendie,
- le risque lié à la présence de singularités démontables sur les circuits de gaz explosifs sous pression.

Le risque d'explosion suite à fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE) est exclu du fait de l'absence de ligne haute énergie à proximité des lignes hydrogène du local.

Le procédé d'électrochloration CTE est arrêté automatiquement sur détection d'hydrogène dans le local suite à une fuite éventuelle au niveau d'une singularité située sur une tuyauterie véhiculant de l'hydrogène.

L'ensemble des matériels CTE (circuits véhiculant de l'hydrogène) sont protégés de la foudre (matériels situés dans la station de pompage) et les ventilateurs situés en toiture sont mis à la terre. La foudre ne peut donc pas engendrer une explosion.

En cas d'incendie dans le , les électrolyseurs sont arrêtés automatiquement afin d'éviter tout risque d'explosion.

En cas de perte des extracteurs en toiture suite aux agressions PGVE ou foudre, les électrolyseurs sont également arrêtés automatiquement afin d'éviter une accumulation d'hydrogène dans les circuits. L'analyse (cf. [Réf \[5\]](#)) met toutefois en évidence un risque de formation d'atmosphère explosive dans les circuits CTE malgré l'arrêt automatique des électrolyseurs. Le risque d'explosion est donc avéré dans le local CTE et dans les gaines d'extraction de l'hydrogène, dont les conséquences sont étudiées dans la [Réf \[5\]](#).

En cas de séisme, les électrolyseurs sont arrêtés automatiquement afin d'éviter ou limiter le risque d'explosion (cas de la perte des ventilateurs d'extraction suite à séisme, similaire aux scénarios PGVE et foudre ci-avant).

Le risque d'explosion H₂S est écarté en station de pompage grâce à l'évacuation en continu des déchets, récupérés par les systèmes CFI et SEF, en dehors de la station de pompage.

2.3.4.4. ANALYSE

En cas de perte des ventilateurs d'extraction, l'analyse de sûreté (cf. [Réf \[5\]](#)) met en évidence un risque de formation d'une atmosphère explosive transitoirement à l'intérieur des circuits CTE malgré l'arrêt automatique des électrolyseurs. Une modélisation du risque d'explosion montre que l'onde de surpression générée se propage aux locaux appartenant à la tranche 3 adjacents du local CTE sans toutefois nuire à la sectorisation ni aux équipements et est de fait sans impact sur la sûreté. La tenue des éléments de sectorisation incendie en limite de zone de feu de sûreté du train 3 à l'onde de pression générée suite à l'explosion dans le est également démontrée (cf. [Réf \[5\]](#)).

La configuration du en termes d'encombrement et de confinement ne permet pas d'éviter une accumulation localisée d'hydrogène et donc une dilution hétérogène en cas de fuite dans ce local. Bien que la création de zones d'accumulation d'hydrogène dans des zones mortes soit possible dans le local CTE, les détecteurs d'hydrogène situés au plafond vont détecter l'hydrogène en cas de fuite et donner l'ordre d'arrêt du procédé d'électrochloration. Les nuages inflammables éventuellement formés seraient de petites dimensions mais suffisamment concentrés en hydrogène pour considérer des risques d'explosions. Cependant, les quantités d'hydrogène relâchées sont suffisamment faibles pour que les conséquences des éventuelles explosions associées à la présence de zones mortes dans le ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté.

2.3.4.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (cf. [Réf \[7\]](#)) :

- Dispositions matérielles passives :
 - Vis-à-vis du risque d'explosion consécutif à la foudre, le réseau de terre et la cage de Faraday de la station de pompage permettent l'évacuation du courant de foudre vers la terre.
 - La tenue des éléments de sectorisation incendie en limite de zone de feu de sûreté du train 3 à l'onde de pression générée suite à une explosion dans le .

- La résistance au feu des éléments constitutifs de la sectorisation incendie des trains de la station de pompage.
- Dispositions organisationnelles :
 - En cas de défaillance du système d'évacuation des déchets par les goulottes, le volume de déchets en station de pompage doit être surveillé et ceux-ci doivent être évacués lorsque nécessaire pour éviter une accumulation.
 - Le fonctionnement du système CTE avec les deux files d'électrolyseurs en service simultanément est interdit.
- Dispositions matérielles actives : l'arrêt automatique du procédé d'électrochloration sur détection hydrogène, incendie, séisme, bas débit d'entrée d'air ou bas débit d'extraction.

2.3.5. OUVRAGE DE REJET ET GALERIES TECHNIQUES

2.3.5.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

L'ouvrage de rejet et les galeries sont respectivement décrits dans les paragraphes 3.3.2 et 3.3.7 de la section 1.2.3.2.

2.3.5.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer pour l'ouvrage de rejet sont les crosses de rejet SEC situées dans les puits adjacents de rejet SEC/SRU de l'ouvrage ainsi que le système JAC et ses fonctions supports DVP situées dans HCB.

Les cibles de sûreté à considérer pour les galeries sont les galeries SEC cheminant à proximité. Aucune cible de sûreté n'est identifiée à l'intérieur des galeries .

2.3.5.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

L'ouvrage de rejet et les galeries techniques assurent le cheminement des tuyauteries d'hydrogène (SKZ et GRV) du parc à gaz HZH au bâtiment des auxiliaires nucléaires et à la salle des machines.

Trois initiateurs sont étudiés vis-à-vis du risque d'explosion interne à l'ouvrage de rejet et aux galeries techniques :

- le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- la foudre,
- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte.

Le risque de fuite d'hydrogène lié à un démontage erroné d'une singularité est exclu car aucune singularité démontable n'est présente sur les circuits hydrogénés cheminant dans l'ouvrage de rejet et les galeries techniques .

L'agression des lignes d'hydrogène par des projectiles générés par le vent est exclue compte tenu de leur localisation ().

L'analyse réalisée (cf. [Réf \[5\]](#)) démontre l'absence de risque d'explosion dans ces bâtiments en se basant sur l'argumentaire suivant :

- Le risque d'agression d'une ligne GRV par une tuyauterie haute énergie est écarté du fait de son plus gros diamètre et de son épaisseur par rapport aux tuyauteries haute énergie avoisinantes. En revanche, en cas d'agression d'une ligne SKZ à double enveloppe par une tuyauterie haute énergie dans ces locaux, la détection de la rupture de la ligne SKZ (par détection d'une baisse de pression dans la double enveloppe) entraîne la fermeture des deux vannes d'isolement SKZ. Le

volume d'hydrogène relâché en galerie ou dans l'ouvrage de rejet dans ce scénario est limité : la LIE n'est pas atteinte et le risque d'explosion est donc exclu.

- Les lignes sont intègres au séisme et ne sont pas agressées.
- L'agression des lignes d'hydrogène par la foudre est exclue du fait des réseaux de terre et des cages de Faraday respectifs de l'ouvrage de rejet et des galeries techniques.

Les galeries et l'ouvrage de rejet ne sont pas considérés comme à risque avéré compte tenu des dispositions de prévention prises.

2.3.5.4. ANALYSE

En l'absence de locaux à risque avéré dans l'ouvrage de rejet et les galeries techniques [], il n'est pas nécessaire d'analyser les conséquences d'une explosion interne.

Les configurations géométriques de l'ouvrage de rejet et des galeries techniques (encombrement, confinement) ne permettent pas d'éviter une accumulation localisée d'hydrogène et donc une dilution hétérogène, pour le scénario de rupture de la ligne SKZ par le fouettement d'une tuyauterie haute énergie voisine dans ces locaux. Bien que la création de zones d'accumulation d'hydrogène dans des zones mortes soit possible dans l'ouvrage de rejet ou les galeries techniques, la détection de la rupture de la ligne SKZ va entraîner la fermeture des deux vannes d'isolement SKZ. Les nuages inflammables éventuellement formés seraient de petites dimensions mais suffisamment concentrés en hydrogène pour considérer des risques d'explosions dans l'ouvrage de rejet ou les galeries techniques. Cependant, les quantités d'hydrogène relâchées sont suffisamment faibles pour que les conséquences des éventuelles explosions associées à la présence de zones mortes dans ces ouvrages ne remettent pas en cause les objectifs de sûreté.

2.3.5.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (cf. [Réf \[7\]](#)) :

- Dispositions matérielles passives :
 - Vis-à-vis du risque d'explosion consécutif à la foudre, les réseaux de terre et les cages de Faraday de ces ouvrages permettent l'évacuation du courant de foudre vers la terre.
 - Les portions de circuits hydrogénés à risque dont la défaillance n'est pas considérée dans l'étude d'explosion et redevables du statut "autre EIPS" tel que défini dans le sous-chapitre 3.2 du RDS.
- Dispositions matérielles actives : la fermeture automatique des vannes d'isolement SKZ sur détection d'une variation anormale de la pression dans la double enveloppe de la tuyauterie d'hydrogène SKZ.

2.4. ANALYSE DE SÛRETÉ POUR L'EXPLOSION INTERNE, À L'EXTÉRIEUR DES BÂTIMENTS, AU SEIN DE L'INB, HORS ÎLOT NUCLÉAIRE

L'analyse de sûreté détaillée d'explosion interne des parcs à gaz est synthétisée dans les [Réf \[5\]](#) et [Réf \[6\]](#).

2.4.1. IDENTIFICATION DES STOCKAGES À RISQUE

2.4.1.1. PARCS À GAZ

L'identification des systèmes à risque pour les parcs à gaz est détaillée dans la [Réf \[3\]](#).

Les parcs à gaz permettent le stockage des bouteilles de gaz suivants :

- l'hydrogène et l'azote sur le parc HZH,
- l'oxygène et l'argon sur le parc HZO,

- l'azote, l'oxygène, l'argon, l'hélium et l'acétylène dans le local de stockages des bouteilles de gaz du POE (cf. [Réf \[6\]](#)).

Le risque d'explosion sur ces plateformes peut provenir :

- de l'éclatement de capacités d'hydrogène, ou de fuite au niveau d'un cadre d'hydrogène (REU),
- de l'éclatement de capacités sous pression de gaz non explosif (REU),
- d'effets domino engendrés par un jet enflammé, l'explosion d'un nuage de gaz (RDI) ou un incendie généralisé d'origine externe (RIE).

2.4.1.2. CONTENEURS MOBILES

Le risque lié à l'explosion d'un camion transportant, à l'intérieur du site, des bouteilles de gaz ou un liquide inflammable est écarté. En effet, les transports de produits tels que les gaz (classe 2) ou les liquides inflammables (classe 3) sont réalisés sur le site, dans les mêmes conditions de transports que dans le domaine public, avec bouteilles, cadres de bouteilles, citernes agréées donc conformes à la réglementation TMD (Transport de Marchandises Dangereuses). Des contrôles de conformité du chargement sont réalisés par le CNPE, à l'arrivée et au départ du site. Des plans de circulation des matières dangereuses destinés à prévenir et limiter les risques potentiels de collision sur les trajets du site, sont établis dans le cadre de l'article 8.2.2 de l'arrêté INB. De plus, les recommandations sur les manutentions des colis dictées par l'APAVE (ou autre organisme de contrôle) et des critères issus des bonnes pratiques, sont utilisés par les livreurs.

Ainsi, on considère que compte tenu des conditions de transports et de déchargement, des faibles probabilités d'accidentologie sur les trajets à l'intérieur du site, ainsi que du faible nombre de livraisons annuelles sur les CNPE, le risque d'explosion d'un camion transportant des cadres de bouteilles de gaz ou d'inflammabilité d'un camion transportant un liquide inflammable est négligeable.

2.4.1.3. GAZ LIQUÉFIÉS ET LIQUIDES INFLAMMABLES

Aucune capacité de gaz liquéfié sous pression n'est présente sur les parcs à gaz. Aucun effet BLEVE n'est donc à prévoir.

Il n'y a pas de liquides inflammables sur FA3.

2.4.2. PARCS À GAZ HZH ET HZO

2.4.2.1. PRÉSENTATION DES BÂTIMENTS

Les parcs à gaz HZH et HZO sont décrits dans le paragraphe 3.3.5 de la section 1.2.3.2.

2.4.2.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer sont l'ensemble des bâtiments de l'îlot nucléaire, la station de pompage et l'ouvrage de rejet. Aucune cible de sûreté n'est identifiée à l'intérieur des parcs à gaz HZH et HZO.

2.4.2.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Pour le Risque d'Explosion Unitaire (REU), huit initiateurs sont pris en compte :

- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- l'incendie généralisé d'origine interne au parc à gaz,
- le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE),

- la foudre,
- le défaut de conception,
- le démontage erroné d'une singularité,
- le jet enflammé.

Pour le Risque d'effets Domino Internes (RDI), trois initiateurs sont pris en compte :

- l'incendie généralisé d'origine interne au parc à gaz,
- le jet enflammé,
- l'explosion d'un nuage de gaz.

Pour le Risque d'explosion dû à un Incendie généralisé d'origine Externe (RIE), seul l'incendie généralisé d'origine externe au parc à gaz est pris en compte en tant qu'initiateur.

Les dispositions prises vis-à-vis des agressions internes et externes (cf. analyse [Réf \[5\]](#)) permettent de réduire le risque REU, et d'écarter les risques RDI et RIE. Ces dispositions sont les suivantes :



Le risque d'explosion d'une bouteille de gaz ou d'un cadre d'hydrogène (REU) suite à un défaut de conception ou un démontage erroné d'une singularité a été analysé et les conséquences restent acceptables sur le plan de la sûreté (cf. [§ 2.4.2.4.](#)).

2.4.2.4. ANALYSE

Les études d'explosion du parc à gaz (cf. [Réf \[5\]](#)) démontrent que toute cible de sûreté, située à l'intérieur d'un bâtiment résistant à une onde de surpression de 100 mbar, doit être située à une distance d'au moins 24 m d'un parc à gaz stockant de l'hydrogène; ceci afin de résister à une onde de surpression générée par l'explosion d'un nuage d'hydrogène suite à une fuite au niveau d'un cadre d'hydrogène (REU) ou d'une tuyauterie d'hydrogène cheminant au sein du parc à gaz.

Cette distance de sécurité a été calculée en considérant que l'installation de chaque cadre d'hydrogène respecte un confinement d'un mètre autour du cadre.

Cette distance minimale à respecter est ramenée à 11 m entre la cible et une bouteille de gaz B50 pour se protéger contre le risque d'éclatement de bouteille (REU).

Les dispositions suivantes ont été prises :



Par conséquent, l'explosion d'un cadre d'hydrogène ou d'une bouteille de gaz n'a pas d'impact sur la sûreté. L'analyse de sûreté (cf. [Réf \[5\]](#)) montre également qu'une explosion sur le parc à gaz HZH reste sans impact sur la sûreté de la tranche 2 du site de Flamanville, situé à proximité de la tranche 3.

Par ailleurs, les parcs à gaz étant situés en extérieur, leur conception garantit l'absence de confinement et une impossibilité de création de zones d'accumulation de gaz dans des zones mortes. Le principe de dilution hétérogène de gaz ne s'applique donc pas pour les parcs à gaz HZH et HZO.

2.4.2.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (cf. [Réf \[7\]](#)) :

- Dispositions matérielles passives :



- Dispositions organisationnelles :

□

- Dispositions matérielles actives : les clapets anti-retour situés sur la ligne d'hydrogène GRV dans le parc à gaz HZH permettant d'éviter la vidange du volume d'hydrogène contenu dans l'alternateur sur le parc à gaz HZH en cas de rupture de la ligne GRV.

2.4.3. STOCKAGE GAZ POE

2.4.3.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le stockage gaz POE regroupe deux locaux :

- □ ;
- □

2.4.3.2. IDENTIFICATION DES CIBLES

Les cibles de sûreté à considérer sont l'ensemble des bâtiments de l'îlot nucléaire, la station de pompage et l'ouvrage de rejet. Aucune cible de sûreté n'est identifiée à l'intérieur du stockage gaz POE.

2.4.3.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION

Pour le Risque d'Explosion Unitaire (REU), huit initiateurs sont pris en compte :

- le séisme (et son complément le séisme événement) ainsi que le Manque de Tension Externe (MDTE) qui en résulte,
- l'incendie généralisé d'origine interne au stockage gaz,
- le fouettement de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- les Projectiles Générés par les Vents Extrêmes (PGVE),
- la foudre,
- le défaut de conception,
- le démontage erroné d'une singularité,
- le jet enflammé.

Pour le Risque d'effets Domino Internes (RDI), trois initiateurs sont pris en compte :

- l'incendie généralisé d'origine interne au stockage gaz,
- le jet enflammé,
- l'explosion d'un nuage de gaz.

Pour le Risque d'explosion dû à un Incendie généralisé d'origine Externe (RIE), seul l'incendie généralisé d'origine externe au stockage gaz est pris en compte en tant qu'initiateur.

Les dispositions prises vis-à-vis des agressions internes et externes (cf. analyse [Réf \[6\]](#)) permettent de réduire le risque REU, et d'écarter les risques RDI et RIE. Ces dispositions sont les suivantes :

□

Le risque d'explosion d'une bouteille de gaz ou d'un cadre d'acétylène (REU) suite à un défaut de conception ou un démontage erroné d'une singularité a été analysé et les conséquences restent acceptables sur le plan de la sûreté (cf. [§ 2.4.3.4.](#)).

2.4.3.4. ANALYSE

Les cibles de sûreté de FA1–FA2 et FA3 sont toutes situées à une distance supérieure aux distances de sécurité (cf. [Réf \[6\]](#)) :

- Pour les cibles de sûreté de FA3 :
 - 48 m pour le risque d'explosion d'un nuage d'acétylène,
 - 11 m pour le risque d'explosion de bouteille B50.
- Pour les cibles de sûreté de FA1-2 :
 - 82 m pour le risque d'explosion d'un nuage d'acétylène,
 - 20 m pour le risque d'explosion de bouteille B50.

L'analyse du risque d'explosion interne dû au stockage gaz POE permet de conclure à l'absence de conséquence sûreté, tant pour la tranche 3 que pour les tranches 1 et 2 de Flamanville.

Par ailleurs, la conception du stockage gaz POE, possédant une face ouverte sur l'extérieur et une ventilation naturelle, garantit l'absence de confinement et une impossibilité de création de zones d'accumulation de gaz dans des zones mortes. Le principe de dilution hétérogène de gaz ne s'applique donc pas pour le stockage gaz POE.

2.4.3.5. PARADES SPÉCIFIQUES

La démonstration s'appuie sur les parades spécifiques suivantes (cf. [Réf \[6\]](#)) :

- Dispositions matérielles passives :

□

- Dispositions organisationnelles :

□

LISTE DES REFERENCES

[1] ENGSIN050344 ind. B : Guide d'application de la réglementation relative à la protection des travailleurs contre le risque d'explosion sur les CNPE

[2] ECECS131729 ind. C : Systèmes à risque d'explosion interne — EPR (IN)

[3] ETPN120083 ind. B : Systèmes à risques d'explosion interne-EPR (CI et BOP)

[4] FA3ELY2016FR0081 ind. A : Note de synthèse des analyses de sûreté pour l'agression Explosion Interne dans les bâtiments de l'îlot nucléaire

[5] ETDIG100371 ind. H : Note de synthèse des études de risques d'explosion interne dans les bâtiments IC/BOP de l'EPR de Flamanville 3

[6] ECEIG101680 ind. A : Analyse de sûreté explosion interne dans le local gaz du POE

[7] D305117002784 ind. F : Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

[8] ENGSIN060237 : Référentiel des exigences de sûreté de protection contre le risque d'explosion interne pour l'EPR.

SOMMAIRE

.3.4.7 INCENDIE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ	3
0.2. REGLES D'ANALYSE RELATIVES À LA PROTECTION INCENDIE	3
0.2.1. ATTENDUS DE LA DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ	3
0.2.2. APPROCHE DÉTERMINISTE / PROBABILISTE	4
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	5
1. BASES DE CONCEPTION	5
1.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	5
1.2. DEMARCHE DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE	6
1.3. LA PRÉVENTION DES DEPARTS DE FEU	6
1.4. LA DETECTION RAPIDE DES DEPARTS DE FEU ET LEUR EXTINCTION	6
1.5. LA LIMITATION DE L'AGGRAVATION ET DE LA PROPAGATION	7
1.5.1. SECTEURS DE FEU	7
1.5.2. ZONES DE FEU	8
1.5.3. SÉPARATION PHYSIQUE	9
1.5.4. SÉPARATION GÉOGRAPHIQUE	9
1.5.5. CONTRÔLE DES FUMÉES ET VENTILATION	10
1.5.6. ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ	10
1.6. PRISE EN COMPTE DE LA DÉFAILLANCE ALÉATOIRE	12
1.7. INCENDIE ET EVENEMENTS, CUMUL D'AGRESSIONS	12
1.7.1. INCENDIE ET CONSÉQUENCES	12
1.7.2. EVÈNEMENT POSTULÉ ET INCENDIE DÉPENDANT	13
1.7.3. EVÈNEMENT POSTULÉ ET INCENDIE INDÉPENDANT	13
1.7.4. INCENDIE PENDANT LES ÉTATS D'ARRÊT ET LES PHASES DE MAINTENANCE EN PUISSANCE	14
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	14
2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE	15
2.1.1. MISE EN PLACE D'UNE SECTORISATION INCENDIE	15
2.1.2. JUSTIFICATION DE LA SECTORISATION INCENDIE	15

2.1.3. ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ	18
2.2. MESURES DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE – ANALYSE PAR BATIMENT	21
2.2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)	21
2.2.2. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE / BATIMENT ELECTRIQUES (BAS/BL)	23
2.2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)	26
2.2.4. BÂTIMENTS DIESELS (BD)	28
2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)	29
2.2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (BTE)	30
2.2.7. TOUR D'ACCÈS (HW)	30
2.2.8. STATION DE POMPAGE (SDP)	31
2.2.9. OUVRAGE DE REJET	34
2.2.10. GALERIES CLASSEES	36
2.2.11. SALLE DES MACHINES (SDM)	37
2.2.12. BÂTIMENT ÉLECTRIQUE NON CLASSÉ (BLNC)	37
2.2.13. CONCLUSION	38
2.3. ANALYSES COMPLEMENTAIRES	38
LISTE DES REFERENCES.	39

.3.4.7 INCENDIE

INTRODUCTION

Le présent chapitre intègre la Démonstration de Maîtrise des Risques Incendie (DMRI).

La DMRI s'applique à l'ensemble de l'INB et a pour but de justifier que les dispositions de conception, de construction et d'exploitation prises à l'égard des risques liés à l'incendie sont appropriées et définies selon le principe de défense en profondeur. Elle est établie selon une approche proportionnée aux enjeux et à ce titre des méthodes appropriées sont présentées pour les risques radiologiques et pour les risques non radiologiques (appelés également dans le reste du texte « risques conventionnels »).

Principes généraux de la démarche :

Risques « radiologiques » : l'objectif de la protection contre l'incendie est de garantir l'accomplissement des fonctions de sûreté nécessaires à la maîtrise des risques radiologiques (maîtrise de la réactivité, évacuation de la puissance résiduelle, confinement des matières radioactives). La DMRI s'appuie notamment sur le principe qu'un incendie postulé de façon déterministe ne doit pas rendre simultanément indisponibles des matériels redondants assurant une même fonction de sûreté. La DMRI relative aux risques radiologiques est présentée dans la présente section 3.4.7.

Risques « non-radiologiques » : l'objectif de la protection contre l'incendie est de garantir que les conséquences non-radiologiques d'un incendie ne sont pas susceptibles de porter atteinte aux intérêts à protéger mentionnés à l'article L 593-1 du code de l'environnement (sécurité publique, santé et salubrité publique, protection de la nature et de l'environnement). La démarche mise en œuvre à ce titre s'appuie sur les méthodologies et pratiques issues des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (dites ICPE). Elle consiste à évaluer l'impact potentiel d'un incendie sur la base de l'inventaire des substances dangereuses et de leurs effets potentiels sur le public ou l'environnement et, en cas de conséquences inacceptables, à justifier de mesures permettant de réduire la probabilité d'occurrence et/ou les effets de ces accidents afin de les rendre acceptables. La DMRI relative aux risques non-radiologiques est présentée au sous-chapitre 3.8.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. OBJECTIFS DE SÛRETÉ

Les objectifs généraux de sûreté pour les agressions internes sont donnés dans la section 3.4.0.

L'objectif sûreté de la protection incendie est de garantir l'accomplissement des fonctions de sûreté en dépit d'un incendie survenant à l'intérieur de l'installation et dont les caractéristiques sont celles de l'incendie de référence, c'est-à-dire l'incendie pouvant se déclarer dans tout volume de feu de la centrale et ayant les plus grandes conséquences en durée et gravité.

0.2. REGLES D'ANALYSE RELATIVES À LA PROTECTION INCENDIE

0.2.1. Attendus de la démonstration de sûreté

Conformément à l'article 3.4.1 de l'arrêté INB [Réf \[2\]](#), la démonstration de sûreté associée à l'agression incendie assure la maîtrise de trois fonctions fondamentales de sûreté liées aux accidents radiologiques :

- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne,
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires,
- le confinement des substances radioactives.

Les dispositions mises en œuvre pour assurer ces trois fonctions fondamentales de sûreté permettent d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants, et donc la quatrième fonction de sûreté introduite par l'arrêté INB.

L'installation doit être conçue de façon à garantir, dans la situation de l'agression incendie de référence :

- le repli et le maintien en état sûr,
- la prévention et la limitation des conséquences radiologiques d'éventuels scénarios incidentels ou accidentels considérés.

Cet objectif implique que :

- Un incendie ne doit pas, sauf exception, faire perdre plus d'un ensemble d'équipement redondant d'un système classé F1. Dans tous les cas un nombre suffisant de systèmes F1 doit rester disponible pour rejoindre et maintenir l'état sûr.
- Les équipements non redondants des systèmes assurant des fonctions fondamentales de sûreté doivent être protégés contre les effets d'un feu de telle manière qu'ils puissent assurer leur fonction.
- Un incendie ne doit pas compromettre l'habitabilité de la salle de commande. En cas d'incendie entraînant une éventuelle inhabitabilité de la salle de commande, l'habitabilité et l'accessibilité de la station de repli doit être assurée. L'accessibilité doit de plus être assurée pour les actions nécessaires [\[1\]](#). L'accessibilité de la salle de commande est traitée dans le sous-chapitre 6.4.

Conformément à l'arrêté INB [Réf \[2\]](#), la démonstration de sûreté relative à l'agression incendie prend en considération les cumuls plausibles de cette agression avec d'autres agressions externes ou événements déclencheurs.

0.2.2. Approche déterministe / probabiliste

La principale approche de la protection contre l'incendie est déterministe.

Cette approche sera complétée par une approche probabiliste (EPS Incendie), visant à déterminer si le risque d'incendie est du même ordre de grandeur que les autres et à vérifier la fréquence globale de fusion du cœur de la tranche.

0.2.2.1. Approche déterministe

0.2.2.1.1. Principes de l'approche déterministe

Les principes retenus pour l'approche déterministe sont les suivants :

- L'incendie est postulé se déclarer dans tout local de la centrale contenant des matériaux combustibles.
- Pour un local déterminé, l'incendie de référence est celui prenant en compte l'ensemble des combustibles mobilisables présents dans ce local.
- La simultanéité de deux ou plusieurs incendies ayant des causes indépendantes et affectant des locaux d'une même tranche ou de tranches différentes, n'est pas prise en compte.
- L'inflammation de tout matériau combustible présent dans le périmètre de l'INB doit être envisagée excepté l'auto-inflammation des câbles électriques basse et très basse tension dans leur partie courante et les matériels ou matériaux protégés par une enveloppe ou un caisson de protection fonctionnelle.
- Un incendie est postulé se déclarer dans les conditions normales de tranche (de l'état de puissance à l'état d'arrêt) ou en condition post-accidentelle après atteinte de l'état contrôlé.

0.2.2.1.2. Défaillance aléatoire

La défaillance aléatoire s'applique à l'agression incendie selon les règles d'analyse présentées au paragraphe 2 de la section 3.4.0. Dans le cas où ces règles conduisent à la redondance de l'équipement considéré, celle-ci peut être fonctionnelle.

0.2.2.2. Approche probabiliste

La méthodologie relative à l'EPS incendie est présentée dans le sous-chapitre 18.3.

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

La réglementation applicable est listée dans le sous-chapitre 1.7 du rapport de sûreté.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

L'incendie est le résultat d'une combustion vive se déclarant en présence simultanée d'un combustible, d'un comburant et d'une source de chaleur.

Les sources d'inflammation à l'origine de la naissance d'un incendie peuvent être de natures variées :

- Thermique (surfaces chaudes, appareils de chauffage, flammes nues, travaux par point chaud...),
- Electrique (arcs, échauffement...),
- Mécanique (étincelles, échauffement,...),
- Electrostatique (décharges par arc électrique,...),
- Chimique (réactions exothermiques, auto-échauffement, emballement de réaction,...).

En fonction de la puissance du foyer initial, des combustibles mobilisables et de l'environnement (volumes, ventilation, etc.) l'incendie va s'étendre puis décliner. La propagation de l'incendie est liée notamment à la circulation des gaz chauds et aux éventuels écoulements ou projections enflammées.

Les combustibles présents sur l'installation peuvent être de différentes natures :

- Solide (ex : câbles électrique, matières plastiques, bois et papier),
- Liquide (ex : huiles de lubrification, fioul),
- Gazeux (ex : hydrogène).

L'incendie peut engendrer :

- des risques de blessures sur les personnes notamment à cause des effets des fumées et gaz émis (visibilité, difficultés respiratoires, toxicité) et de la chaleur,
- des risques d'endommagement sur les équipements et les structures des bâtiments,
- des risques pour l'environnement et le public par dissémination de matières toxique et/ou radiologiques, selon la nature des produits combustibles impliqués dans l'incendie (objet du sous-chapitre 3.8).

L'importance de ces risques dépend :

- du lieu et des caractéristiques du local (structures, ventilation,...) où l'incendie a pris naissance,
- de la nature et de la quantité des produits combustibles mobilisés par l'incendie,
- des cibles potentielles

Pour la sûreté radiologique, le risque identifié est l'indisponibilité d'équipements nécessaires ou l'impossibilité d'actions nécessaires pour le respect des objectifs définis au [§ 0.1.](#)

1.2. DEMARCHE DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

Les bases de conception générales pour les agressions internes font l'objet de la section 3.4.1.

Le code applicable est l'ETC-F (voir sous-chapitre 1.6).

La conception de la protection incendie repose sur quatre types de dispositions basées sur les quatre niveaux de défense en profondeur suivants :

- la prévention des départs de feu,
- la détection rapide des départs de feu et leur extinction pour, d'une part, empêcher que ceux-ci ne conduisent à un incendie et, d'autre part, rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, atteindre puis maintenir un état sûr de l'INB,
- la limitation de l'aggravation et de la propagation d'un incendie qui n'aurait pas pu être maîtrisé afin de minimiser son impact sur la sûreté nucléaire et de permettre l'atteinte ou le maintien d'un état sûr de l'INB,
- la gestion des situations d'accident résultant d'un incendie n'ayant pu être maîtrisé de façon à limiter les conséquences pour les personnes et l'environnement.

Les dispositions relatives au quatrième niveau de défense en profondeur sont portées par le Plan d'Urgence Interne (PUI) et son étude de dimensionnement est traité dans le sous chapitre 13.5.

1.3. LA PRÉVENTION DES DEPARTS DE FEU

La prévention est constituée par un ensemble de mesures visant à éviter la naissance d'un incendie ou à la rendre improbable.

Les exigences concernant la prévention sont les suivantes :

- Les mesures de prévention doivent prioritairement s'attacher à limiter les charges calorifiques, à les séparer ou à les soustraire (enveloppe ou caisson soustracteurs de charge calorifiques) et à éviter les sources potentielles d'ignition au voisinage des matériaux combustibles.
- Les matériaux utilisés doivent être préférentiellement incombustibles (□). Dans le cas contraire ils doivent être à minima de type □.
- L'utilisation d'équipements et de fluides aussi peu générateur d'incendie que raisonnablement possible et la limitation des masses combustibles.
- Des dispositions permettant d'éviter le voisinage de conduits transportant des fluides inflammables et de parois dont la température externe est supérieure à 100°C. Il est interdit d'installer, à moins de 1 m de ces conduits ou parois des câbles électriques autres que ceux assurant le contrôle ou l'alimentation de matériels qui y sont fixés.
- Les câbles électriques répondent aux conditions de la norme NF C 32-070 essai n° 2 et de la norme CEI60332-3 catégorie B, relative à leur comportement au feu. La classe de construction est la classe C1, non propagateur de feu. L'utilisation d'une autre classe sera justifiée par une étude dédiée dans le cadre de la démonstration de la maîtrise des risques liés à l'incendie.

1.4. LA DETECTION RAPIDE DES DEPARTS DE FEU ET LEUR EXTINCTION

Des moyens de détection et de lutte contre l'incendie sont mis en place pour détecter le départ de feu et le maîtriser le plus rapidement possible (contrôle de l'incendie).

Les exigences concernant le contrôle sont les suivantes :

- La détection vise à pouvoir détecter rapidement le début d'incendie, à le localiser, à déclencher l'alarme et dans certains cas à initier des actions automatiques.
- Le système de détection incendie doit être opérationnel dans toutes les situations pour lesquelles un incendie est supposé se déclarer conformément au [§ 0.2.2.1.](#)
- Les moyens de lutte contre l'incendie, fixes ou mobiles, selon la nature du feu et des matériels à protéger sont à prévoir dès lors qu'une charge calorifique est susceptible de générer un incendie affectant des matériels redondants accomplissant la même fonction de sûreté.

1.5. LA LIMITATION DE L'AGGRAVATION ET DE LA PROPAGATION

Si malgré la prévention un feu prend naissance, des mesures doivent être prises pour limiter son extension et empêcher :

- un impact sur la fonction de systèmes F1. L'incendie ne doit pouvoir endommager qu'un seul train redondant d'un système F1 donné,
- qu'il puisse enfumer les axes de dégagement protégés, empêcher la lutte contre l'incendie et se propager vers d'autres locaux (impact sécurité et indisponibilité),
- un impact sur l'environnement en portant atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (objet du sous-chapitre 3.8 du présent Rapport de Sûreté).

La limitation de l'extension d'un incendie est obtenue en découpant les bâtiments en volumes de feu qui utilisent les principes de séparation physique ou géographique. Ce découpage doit être compatible avec les conditions d'intervention.

Les barrières coupe-feu mises en place doivent donc confiner l'incendie de manière à ce qu'un seul des trains redondants pour un système F1 donné puisse être mis en danger par un incendie.


Les exigences concernant la sectorisation sont les suivantes :



Nota : On appelle sectorisation de sûreté l'ensemble des moyens mis en place concourant directement par la limitation des effets de l'incendie aux respects des objectifs fixés au [§ 0.1.](#) : équipements délimitant ou garantissant l'efficacité des secteurs et zones de feu, mesures complémentaires de protection contre l'incendie mises en place au titre de l'analyse de vulnérabilité ([§ 1.5.6.](#)). Les équipements composant la sectorisation de sûreté sont classés de sûreté.

1.5.1. Secteurs de feu

Il existe cinq types de secteur de feu.

Le Secteur de Feu et de Confinement SFC (Type 1a) des matières radioactives ou toxiques créé lorsqu'un incendie peut entraîner un relâchement de matières radioactives ou toxiques qui serait susceptible, en l'absence de mesures évitant leur dispersion à l'extérieur du secteur de feu considéré, de porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement. Il assure, en plus du confinement de l'incendie, le contrôle des matières radioactives ou toxiques libérées.  Il doit de plus être équipé d'un système d'extinction fixe automatique capable d'assurer sa fonction même en cas de défaillance aléatoire.

Le Secteur de Feu Environnement SFE (Type 1b) des matières radioactives ou toxiques créé lorsqu'un incendie peut entraîner, en dehors des bâtiments classés de sûreté, un relâchement de matières radioactives ou toxiques qui serait susceptible, en l'absence de mesures évitant leur

dispersion à l'extérieur du secteur de feu considéré, de porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement. Il assure, en plus du confinement de l'incendie, le contrôle des matières radioactives ou toxiques libérées. Les parois de ces secteurs de feu et de confinement ont un degré de résistance au feu adapté à l'analyse de risque sans être inférieur à R_{120} . Ils sont en cas de confinement statique équipés systématiquement d'un système d'extinction fixe automatique.

Le Secteur de Feu de Sûreté SFS (Type 2) créé pour mettre des voies de sûreté à l'abri du mode commun. Les parois de ces secteurs de feu de sûreté ont un degré de résistance au feu R_{120} et des moyens actifs ou passifs de protection contre l'incendie sont mis en place si nécessaire pour garantir leur intégrité passé ce délai.

Le Secteur de Feu d'Accès SFA (Type 3) destiné à permettre l'évacuation du personnel en cas de feu en toute sécurité et l'accès aux équipes d'intervention. Il correspond à un axe de dégagement protégé. Les parois de ces secteurs ont un degré de résistance au feu égal à R_{120} (étanchéité aux fumées, rayonnement limité, durabilité selon Norme NF EN 13501-2). Ces secteurs ne doivent pas contenir d'équipements de sûreté ni de combustibles.

Le Secteur de Feu d'Intervention SFI (Type 4) créé lorsque les conditions d'installation permettent d'envisager la possibilité d'un feu généralisé, pour faciliter l'intervention des équipes de lutte contre l'incendie et limiter l'indisponibilité de la tranche. Les parois de ces secteurs de feu ont un degré de résistance au feu adapté aux conséquences de l'incendie du volume sans être inférieur à R_{120} .

Il peut être :

- inclus dans un secteur de feu de sûreté,
- indépendant de tout secteur de feu de sûreté.

1.5.2. Zones de feu

Dans certains bâtiments, principalement le bâtiment réacteur, le découpage en secteurs de feu peut être limité par les dispositions constructives ou par le process :

- compacité des installations,
- dilution des concentrations d'hydrogène,
- expansion de la vapeur en cas de rupture de tuyauterie.

Dans ce cas exceptionnellement certaines parties de ces bâtiments peuvent être découpées en zones de feu. La démonstration de la non propagation et de l'absence de dysfonctionnement d'équipements classés de sûreté doit être établie en analysant tous les modes de propagation possibles du feu et des produits de combustion.

Cette séparation géographique implique :

- Une charge calorifique suffisamment faible ou des conditions aux frontières particulières ou un équipement de dispositif automatique d'extinction,
- La démonstration de l'impossibilité de réaliser une paroi.

Il existe trois types de zone de feu :

La Zone de Feu de Sûreté ZFS (Type 2) créée pour mettre des fonctions de sûreté à l'abri du mode commun lorsqu'une barrière physique ne peut être mise en place. Les frontières de ces zones de feu de sûreté doivent garantir l'intégrité des fonctions de sûreté pendant le temps nécessaire à l'extinction du feu. Des moyens actifs ou passifs de protection contre l'incendie sont mis en place si nécessaire.

La Zone de Feu d'Intervention ZFI (Type 4) créée à l'intérieur d'un volume de feu, lorsque les conditions d'installation permettent d'envisager la possibilité d'un feu localisé, pour limiter l'indisponibilité de la tranche et faciliter l'intervention des équipes de lutte contre l'incendie

La Zone de Stockage ZS (Type 5) créée à la conception de façon à permettre à l'exploitant de stocker, tranche en fonctionnement et à l'arrêt, les matériels et matériaux nécessaires à l'exploitation. Ces zones sont équipées si nécessaire de moyens de prévention, détection et lutte.

1.5.3. Séparation physique

Cette séparation est réalisée par la création de secteurs de feu ou par l'utilisation de protections passives qualifiées au feu.

Protections fonctionnelles passives (Enveloppes et caissons de protection fonctionnelle) : la résistance fonctionnelle de ces protections passives doit être au moins égale à la durée de l'incendie de référence définie lors de l'analyse de risque incendie par la combustion des matériaux contenus dans le local et qui leurs sont extérieurs, sans être inférieure à deux heures.

Lorsqu'il est impossible de soustraire à l'incendie une partie du matériel du local (II), il est possible d'utiliser des peintures ignifuges à condition d'en enduire la totalité des matières combustibles présentes.

1.5.4. Séparation géographique

Cette séparation est réalisée par la création de zones de feu ou par l'utilisation de protections passives qualifiées au feu.

La séparation géographique est associée à une analyse permettant de conclure que le temps nécessaire à la zone chaude pour atteindre l'ensemble des matériels est supérieur au temps nécessaire pour éteindre l'incendie.

Distance :

Cette séparation associée à une analyse spécifique, permet de garantir la non propagation de l'incendie d'une certaine masse combustible vers une autre par l'installation de ces deux masses de telle manière que la distance les séparant crée un espace libre de tout combustible.

Elle peut aussi être utilisée pour éviter que l'incendie d'une masse combustible ne provoque la défaillance du mode commun de deux matériels redondants, en éloignant suffisamment au moins l'un de ces matériels de la masse combustible.

Cette distance est fonction du rayonnement direct et du temps nécessaire à la zone chaude générée par l'incendie pour atteindre la seconde masse combustible ou le matériel à protéger.

Un nombre important de paramètres (nature du combustible, situation géographique dans le local, concentration de la charge calorifique...) intervenant dans cette définition, il est difficile de définir une règle générale ; c'est pourquoi les dispositions adoptées font l'objet de justifications particulières.

Protection passive (Ecran thermique) :

Cette disposition, qui peut compléter la protection par la distance, permet de soustraire du rayonnement direct une partie du matériel en interposant un écran dont la résistance au feu, au minimum pare flamme, est égale à la durée de l'incendie de référence.

Protection fixe automatique associée à une séparation géographique :

Un moyen complémentaire consiste à installer, lorsque les dispositions précédentes (écran, distance) ne sont pas suffisantes, un moyen de lutte fixe et automatique qui permet de garantir que le feu sera éteint ou circonscrit avant d'atteindre une autre masse combustible ou deux matériels redondants.

1.5.5. Contrôle des fumées et ventilation

Les systèmes de ventilation et de contrôle des fumées contribuent à la limitation de la propagation de l'incendie, à la limitation de la dissémination des substances radioactives et à la limitation des rejets de substances dangereuses ou radioactives dans l'environnement.

La stratégie de gestion des départs de feu repose sur la sectorisation incendie qui permet à la fois de piloter le feu par étouffement (en coupant l'apport en comburant) et de limiter la dissémination des substances dangereuses ou radioactives par confinement statique. Cette gestion du feu est particulièrement adaptée dans les locaux où les contraintes de confinement liées aux substances dangereuses ou radioactives sont fortes.

Pour les systèmes de ventilation, en cas de départ de feu, ce principe se décline par :

- La fermeture automatique des clapets coupe-feu sur alarme JDT ;
- La mise en surpression des SFA et l'ouverture de leurs trappes de désenfumage sur alarme JDT ;
- Pour les locaux possédant un circuit de contrôle des fumées, la mise en service des ventilateurs est effectuée manuellement après alarme JDT et vérification du local.

Pour les locaux présentant un risque de rejet de substances radioactives ou dangereuses susceptibles de porter atteintes aux intérêts, le confinement statique du volume sinistré est préférable au confinement dynamique ou au désenfumage.

Les éléments des systèmes de ventilation nécessaires à l'atteinte et au maintien d'un état sûr de l'INB présentent une capacité à assurer leur fonction malgré les effets d'un incendie pouvant les affecter pendant une durée déterminée en cohérence avec la démonstration de maîtrise des risques liés à l'incendie ou, le cas échéant, sont protégés des effets d'un incendie.

Les pièges à iode sont des filtres utilisant du charbon dont le potentiel calorifique peut être important et par ailleurs potentiellement chargés en matières radioactives. Des dispositions particulières sont donc prises pour se prémunir du risque de départ de feu dans les pièges à iode :

- Le charbon contenu dans les filtres ont une température d'auto-inflammation inférieure à 350°C ;
- La sectorisation du filtre est réalisée soit par la sectorisation du local contenant le filtre, soit par la mise en place d'une enveloppe métallique et d'un clapet pare-flamme 1h en entrée et sortie du filtre. Ces clapets ont des fusibles thermiques se déclenchant à 140°C ;
- Un système d'aspersion fixe déclenché manuellement en local ou depuis la salle de commandes est installé dans les filtres à iode.

1.5.6. ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

La défaillance fonctionnelle de tous les équipements (exceptés ceux protégés par une barrière qualifiée contre l'incendie, conçue pour résister aux conséquences d'un incendie ou capable de le faire) dans le secteur de feu de sûreté ou la zone de feu de sûreté où l'incendie se déclare, est analysée.

Les conséquences fonctionnelles de la perte des équipements en termes de sûreté doivent être analysées conformément aux critères des [§ 0.2.1.](#) et [§ 0.2.2.1.](#) et dans le respect des objectifs présenté au [§ 0.1.](#)

Etape 1

Identification des volumes de feu de sûreté contenant des équipements de systèmes F1 en mode commun potentiel ou non redondants.

Un mode commun potentiel est identifié lorsque dans un même volume de feu de sûreté ou entre zones de feu de sûreté adjacentes en communication par séparation géographique :

**Etape 2**

La seconde étape consiste en l'analyse fonctionnelle des conséquences de la perte des équipements identifiés lors de la première étape afin de définir la nécessité de mesures de protection supplémentaires contre l'incendie.

Lorsque l'analyse confirme l'existence d'un mode commun ou l'inacceptabilité de la perte d'un équipement non redondant, il est alors nécessaire de mettre en place des mesures complémentaires de protection contre l'incendie.

En cas d'incendie dans une division, une attention particulière doit être portée à la protection :

- Des interconnexions pour éviter une rupture de sectorisation avec l'autre division,
- Du IRWST pour assurer son intégrité.


En cas d'incendie dans un volume de feu d'un bâtiment non séparé en division, une analyse de risque incendie doit être effectuée vis à vis de ces équipements prenant en compte les caractéristiques de l'incendie postulé. L'analyse des équipements nécessaires pour rejoindre l'état sûr doit être effectuée en prenant en compte un critère de défaillance unique.

Etape 3

Cette étape consiste en une analyse des risques incendie appliquée à chaque mode commun afin de les confirmer.

Cette analyse de risque incendie vis à vis du traitement des modes communs potentiels est basée sur l'étude :

- Du rayonnement direct,
- Du temps nécessaire à la zone chaude générée par l'incendie pour atteindre la seconde masse combustible ou le matériel à protéger,
- De l'impact des fumées en fonction de l'état des connaissances sur le sujet.

Vu le nombre important de paramètres (nature du combustible, situation géographique dans le local, concentration de la charge calorifique, température de dysfonctionnement des matériels...) intervenant dans cette démonstration, l'analyse est à faire au cas par cas en utilisant soit des critères de dysfonctionnement pré-établis selon la catégorie des matériels, soit des critères réels de dysfonctionnement des matériels. Si l'utilisation d'un code de calcul est nécessaire pour la démonstration le code de calcul  sera utilisé.

Cette analyse aboutit à une liste de modes communs confirmés.

Etape 4

Lorsque l'analyse de l'étape 3 confirme l'existence d'un mode commun ou l'inacceptabilité de la perte d'un équipement non redondant, il est alors nécessaire :

- soit de revoir la conception de l'installation,
- soit de modifier la sectorisation et par itération de justifier les nouvelles dispositions,
- soit de mettre en place des mesures complémentaires de protection contre l'incendie (protections physiques, moyens de lutte automatiques) dont il faudra vérifier l'efficacité et la robustesse à la défaillance aléatoire.

L'ensemble de ces étapes et leurs itérations successives doivent permettre d'aboutir à une sectorisation du bâtiment étudié justifiée au niveau de la sûreté.

1.6. PRISE EN COMPTE DE LA DÉFAILLANCE ALÉATOIRE

La vérification de la robustesse à une défaillance aléatoire (unique) est appliquée de façon déterministe dans les cas suivants :

- incendie non lié à des transitoires de type PCC-2 à 4,
- incendie conduisant à des transitoires de type PCC-2,
- incendie résultant d'un événement PCC3/4.

La défaillance aléatoire est appliquée de façon déterministe, hors continuité de fonctionnement, aux équipements suivants :

- aux matériels actifs des systèmes mécaniques de la protection incendie,
- à l'ensemble des composants des systèmes électriques de la protection incendie.

Les matériels actifs pour lesquels la défaillance aléatoire (unique) est à considérer sont les suivants :

- Sectorisation de sûreté : clapets coupe feu et portes asservies,
- Détection : ensemble des équipements de la détection (car les détecteurs et leur chaînes sont des équipements électriques),
- Lutte : pompes, vannes asservies amenées à changer de position lors de la mise en service des systèmes d'extinction.

Lorsque la redondance des équipements (et de leurs systèmes supports) et les dispositions complémentaires de séparation géographique ou physique et d'indépendance des sources électriques ne peuvent être mises en œuvre, une redondance fonctionnelle est assurée à minima.

La redondance fonctionnelle peut être assurée par un système diversifié dont les performances permettront de respecter les principes énoncés dans le [§ 0.1.](#)

1.7. INCENDIE ET EVENEMENTS, CUMUL D'AGRESSIONS

1.7.1. Incendie et conséquences

On considère en première analyse la perte de l'ensemble des équipements (excepté ceux protégés par des dispositifs coupe-feu ou capable de supporter ses conséquences) présents dans le volume de feu où l'incendie est postulé.

Il n'est pas possible d'exclure que l'incendie induise un transitoire de type PCC-2. Dans un tel cas l'analyse consiste à s'assurer qu'un nombre suffisant de systèmes/redondances reste disponible pour le contrôle de l'événement.

Un incendie ne doit pas provoquer un transitoire de type PCC-3, 4 dans la mesure du possible.

L'incendie ne doit pas entraîner la perte d'équipements de sûreté non redondants et notamment :

- Ne doit pas entraîner la perte d'équipement F2 nécessaires au-delà de 15 jours suivant l'initiateur pour maintenir l'état final pour les RRC-A ou pour prévenir les rejets importants en accident grave,
- Ne doit pas compromettre le repli de l'état contrôlé à l'état sûr pour toutes les situations PCC-2 à 4.

Dans le cas contraire ces équipements doivent être protégés ou l'occurrence d'un incendie doit être exclue.

L'agression par incendie conduisant à des fuites sur des tuyauteries de gaz hydrogénés inflammables est prévenue ou traitée par la prise en compte du jet enflammé résultant.

L'agression incendie conduisant à un risque d'explosion sur des capacités sous pression est prévenu par les mesures décrites à la section 3.4.6.

1.7.2. Evènement postulé et incendie dépendant

- **Agressions externes et incendie résultant :**

Les mesures de protection contre l'incendie doivent être conçues pour qu'en cas d'incendie provoqué par une agression externe, les exigences du § 0.1. soient assurées. Les exigences de conception retenues sont présentées dans le sous-chapitre 9.5.

Séisme

Les bâtiments conçus pour résister aux agressions externes ne doivent pas contenir d'équipements susceptibles, en cas d'agression, de relâcher des matériaux combustibles ou de créer une source d'ignition (section 3.3.2). Une exception est faite pour le BAN et le BTE où seules les structures externes des bâtiments sont classées au séisme.

Néanmoins la tenue au séisme des circuits véhiculant des effluents hydrogénés sera adaptée en fonction des conséquences potentielles d'une explosion sur la sûreté (cf. section 3.4.6).

Si les équipements mentionnés ci-dessus ne sont pas conçus pour résister à ces agressions, des mesures de protection contre l'incendie doivent être prises, résistant elles-mêmes aux effets de ces agressions.

L'ensemble des matériels de protection contre l'incendie répond aux critères de l'étude "séisme évènement – simple défaillance – basculement ou chute" (sous-chapitre 3.2 et section 3.3.2) c'est à dire qu'ils ne doivent pas, par destruction ou chute, empêcher l'accomplissement des fonctions de sûreté.

Chute d'avion

Le risque que la chute d'un avion induise un incendie dans un bâtiment protégé est traité à la section 3.3.3.

Le cumul de la chute d'avion et d'un incendie sur la plate-forme n'est pas retenu pour le dimensionnement des systèmes de protection incendie. Cependant, la protection du réseau de distribution (II) garantirait la disponibilité des premiers moyens de lutte.

Grands froids

Les matériels nécessaires à la protection incendie de sûreté doivent être protégés vis à vis des grands froids (cf. section 3.3.6.2).

Foudre

Les risques de départs de feu liés à la foudre sont prévenus par les mesures décrites à la section 3.3.7.2.

- **Agressions internes et incendie résultant**

Les mesures de protection contre l'incendie doivent être conçues pour qu'en cas d'incendie provoqué par une agression interne, les exigences du § 0.1. soient assurées.

En particulier un départ de feu est postulé, au titre de leur défaillance, sur les machines tournantes contenant des fluides inflammables (ex : lubrification).

Le lien de dépendance potentiel entre l'explosion et l'incendie est traité à la section 3.4.6.

- **Initiateurs postulés et incendie résultant**

L'incendie est une conséquence probable d'une situation PCC, RRC-A ou d'accident grave du fait du relâchement potentiel d'hydrogène dans l'enceinte de confinement. Les mesures nécessaires au contrôle de l'hydrogène, à la conception de l'enceinte et des équipements nécessaires pour éviter une combustion potentielle du H2 ou prévenir ses effets sont présentées en sections 6.2.4 et 7.5.8.

1.7.3. Evènement postulé et incendie indépendant

Bien que sans lien de dépendance avéré, les cas de cumul suivants sont pris en compte au titre de la défense en profondeur.

Evènements PCC-2 à 4

Un départ de feu indépendant est postulé se déclarer uniquement pendant la phase long terme après atteinte de l'état contrôlé suivant un évènement PCC-2 à 4. Néanmoins les mesures de protection incendie sont disponibles durant toute la phase post-accidentelle.

Nota : □

Evènements RRC

Les évènements RRC ont une très faible fréquence d'occurrence. Le cumul d'un départ de feu indépendant est postulé en phase long terme post accidentelle au plus tôt deux semaines après l'évènement, pour les situations RCC-A. Pour l'accident grave un départ de feu indépendant en phase long terme est également considéré par choix concepteur, avec le même délai.

Nota : □

Séisme de dimensionnement

Un départ de feu indépendant est postulé lors de la phase post-accidentelle long terme, au plus tôt deux semaines après le séisme de dimensionnement.

Cette hypothèse est adoptée au titre de la robustesse en considérant que suite au séisme de dimensionnement l'activité réduite de la centrale conduira à une fréquence résiduelle de l'incendie indépendant. Les deux semaines correspondent à un délai avant reprise d'activités significatives (intervention, réparations) entraînant un risque accru de départ de feu. Dans les zones d'intervention, les désordres éventuels de la sectorisation de sûreté devront être résolus ou avoir fait l'objet de mesures compensatoires avant l'enclenchement de ces activités.

Le concept de protection suivant est appliqué :

- La sectorisation, la détection et les systèmes de lutte contre l'incendie sont classés au séisme classe 1, dans les bâtiments où sont installés des équipements mécaniques, électriques ou contrôle commande nécessaires à une fonction F1.
- Les mesures pour la réparation ou le remplacement sont mises en place, si nécessaire, dans le délai des deux semaines.

Inondation externe

Le cumul incendie + inondation externe ne présente pas de lien de dépendance. Pour autant, au titre de la défense en profondeur, les éléments du système de lutte incendie doivent être protégés vis-à-vis de la CMS et ses conjonctions (section 3.3.5).

1.7.4. Incendie pendant les états d'arrêt et les phases de maintenance en puissance

Le concept de protection contre l'incendie détaillé ci-dessus est également appliqué aux états d'arrêt de la tranche et pendant les phases de maintenance en puissance.

Les périodes de maintenance présentent un accroissement potentiel du risque d'incendie, mais la présence de personnel facilitera la détection et l'extinction des incendies au plus tôt, réduisant ainsi les conséquences d'éventuels départs de feu.

Des procédures administratives spécifiques (permis de feu, surveillance renforcée,...) doivent être prises pour toute situation qui diffère du concept de protection incendie général.

Une attention particulière sera portée à l'ajout de matériels combustibles et de sources d'ignition (soudure, peinture, solvants,...) ainsi qu'aux dégradations des moyens de protection incendie (rupture d'intégrité de la sectorisation par porte ouverte,...) qui doivent faire pour chaque situation d'arrêt l'objet d'une analyse incendie.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

Les analyses de sûreté de l'agression incendie ont pour objectif de démontrer l'atteinte des exigences de sûreté définies au § 0.1. et dans la section 3.4.0. Elles visent plus particulièrement à :

- Justifier la sectorisation incendie définie aux [§ 2.1.1.](#) et [§ 2.2.](#),
- Démontrer l'absence de mode commun en cas d'incendie via la réalisation des analyses de vulnérabilité définies au [§ 1.5.6.](#).

La synthèse de ces analyses est présentée dans les [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#).

Les dispositions de conception, de construction et d'exploitation prises à l'égard des risques liés à l'incendie sont appropriées et définies selon le principe de défense en profondeur décrit au [§ 1.2.](#) Les éléments de justification sont présentés dans la note [Réf \[3\]](#). Ils s'appliquent à l'ensemble de l'INB FA3 et sont établis selon une approche proportionnée aux enjeux et à ce titre, des méthodes appropriées sont présentées pour les risques radiologiques et non-radiologiques. Par ailleurs la note [Réf \[3\]](#) présente :

- L'identification et la liste des EIP à protéger d'un incendie et les exigences afférentes ;
- Les dispositions de prévention et de protection contre l'incendie et ses effets ;
- L'identification et la liste des EIP/AIP incendie et les exigences afférentes.

Le système de détection incendie JDT fait l'objet de la section 9.5.1.1. Les systèmes de lutte contre l'incendie JAC, JPI, JPV et JPD font l'objet de la section 9.5.1.2. Le système de contrôle des fumées DFL fait l'objet de la section 9.5.1.3 et le DVP de la section 9.4.12.

La démonstration de l'atteinte de l'objectif de sûreté concernant l'habitabilité de la salle de commande (voir section 3.4.0) est portée par le sous-chapitre 6.4.

2.1. ELEMENTS DE METHODOLOGIE

2.1.1. Mise en place d'une sectorisation incendie

La mise en place d'une sectorisation par la création de volumes de feu de sûreté (SFS ou ZFS, cf. [§ 1.5.](#)) a pour objectif de séparer physiquement ou géographiquement les équipements F1 redondants d'une fonction de sûreté et ainsi limiter le risque de modes communs. En particulier, chacune des divisions des bâtiments contenant des matériels F1 est incluse dans un volume de feu de sûreté.

Dans certains cas, le secteur de feu de sûreté associé à une division d'un bâtiment est lui-même divisé en d'autres volumes de feu de sûreté (SFS ou ZFS) afin d'assurer une séparation de certains équipements redondants au sein d'un même bâtiment.

La sectorisation permet également de limiter la propagation de l'incendie selon les principes définis en [§ 1.5.](#)

La sectorisation mise en place pour chaque ouvrage est définie et caractérisée dans le [§ 2.2.](#)

2.1.2. Justification de la sectorisation incendie

Le confinement de l'incendie à l'intérieur d'un volume de feu est justifié :

- si la performance en termes de résistance au feu des éléments de sectorisation de ce volume est suffisante pour résister à l'incendie de référence auquel ils pourraient être soumis,
- si l'analyse des zones de feu démontre l'absence de risque de propagation de l'incendie aux zones adjacentes (voir [§ 2.1.2.5.](#)).

Pour vérifier la robustesse des secteurs de feu à l'incendie de référence sur le palier EPR, une méthode de justification des éléments de sectorisation nommée EPRESSI (Evaluation des Performances Réelles des Eléments de Sectorisation Sous Incendie) est appliquée.

Cette méthode repose sur une approche basée à la fois sur le développement réaliste d'un feu en milieu semi-confiné et sur les performances réelles des matériels de sectorisation.

Ainsi, les études de justification de la sectorisation incendie ont pour objectifs de :

- Assurer l'absence de mode commun au-delà des frontières des différents volumes de feu de sûreté définis en § 2.1.1. en démontrant la performance de leurs éléments de sectorisation,
- Justifier l'absence de propagation de l'incendie à l'extérieur des volumes de feu de sûreté ou justifier l'absence d'enjeu de sûreté en cas de propagation.

2.1.2.1. Initiateurs et scénarios considérés

2.1.2.1.1. Nature des charges combustibles

L'incendie est postulé selon les principes définis en § 0.2.2.1. et au § 1.7..

Les charges combustibles susceptibles d'être présentes dans les différents locaux des bâtiments peuvent être différenciées en fonction de leur nature :

- Les combustibles liquides de type hydrocarbure (combustibles à dynamique rapide : fuel, huile contenue dans une pompe, etc.),
- Les matériels électromécaniques (tableaux, armoires électriques, transformateurs, moteurs, etc.),
- Les câbles électriques,
- Les matériaux divers (charbon des pièges à iodes, papier, etc.).

2.1.2.1.2. Scénarios de feu considérés

Un scénario de feu débute par l'inflammation d'un foyer initial (foyer principal), lequel est susceptible de se propager aux autres combustibles du local (foyers secondaires) puis éventuellement aux charges combustibles des locaux adjacents.

Le choix du scénario et en particulier le risque de propagation est déterminé par la configuration d'installation et la concentration des masses combustibles présentes au sein du local, lesquelles peuvent être caractérisées par les critères suivants :

- Critère PFG « Possibilité de Feu Généralisé » qui représente une masse combustible importante concentrée dans le local susceptible de générer un embrasement généralisé dudit local (propagation probable du feu),
- Critère PFL « Possibilité de Feu Localisé » qui représente une masse combustible significative concentrée dans le local susceptible de générer un feu localisé. Un foyer PFL ne peut pas provoquer un embrasement généralisé du local et ne peut pas se propager,
- Critère « Ni PFG ni PFL » lorsqu'un local ne présente pas de critère PFG ou PFL, il est dit « ni PFG ni PFL », c'est à dire que la concentration des masses combustibles dans ce local n'est pas suffisante pour générer un feu développé.

Les critères PFL et PFG constituent les données d'entrée pour la définition des scénarios de feu retenus dans les études de justification de la sectorisation, selon une démarche conservative. Ils sont issus des principes de la méthodologie EPRESSI.

Note 1 : □

Note 2 : □

Note 3 : □

2.1.2.2. Nature des éléments de sectorisation et phénomènes considérés

L'ensemble des éléments de sectorisation (résistants au feu) des volumes de feu de sûreté sont analysés dans ces études. Ces éléments de sectorisation coupe-feu peuvent correspondre aux équipements suivants :

- clapets coupe-feu,
- portes,
- calfeutrements de trémies,
- joints,
- siphons de sol,
- protections de gaines ou de câbles,
- etc.

Le phénomène considéré est issu des pratiques normatives du domaine, à savoir un critère de performance thermique et une agression par gradient de température.

2.1.2.3. Modélisation du phénomène

Ces études conduisent d'une part à l'obtention d'une courbe de feu (courbe températures/temps) par local, enveloppe des scénarios de feu les plus pénalisants susceptibles d'y survenir.

La courbe de feu du local est établie à l'aide du code de calcul \square (cf. chapitre Annexe 3) et sur la base de scénarios de feu type, définis en fonction de la configuration des locaux, de la nature des combustibles et de la charge calorifique (application des critères PFG et PFL définis en [§ 2.1.2.1.2.](#)).

D'autre part, la courbe de performance de résistance au feu des éléments de sectorisation (courbe températures/temps) est établie par calculs à partir :

- des caractéristiques thermiques propres de chaque élément,
- et des résultats de l'essai de résistance au feu normalisé. Le degré de résistance au feu de chaque élément de sectorisation est jugé adapté si sa courbe de performance est enveloppe de la courbe de feu du local.

2.1.2.4. Périmètre d'application

La méthode EPRESSI est appliquée à chacun des bâtiments classés de sûreté de l'îlot nucléaire (en dehors du bâtiment réacteur, cf. [§ 2.2.1.](#)), de l'îlot conventionnel et du BOP (sauf certains locaux, cf. [§ 2.2.](#)). Elle est réalisée en plusieurs étapes :

- par bâtiment, calcul de la courbe de feu de chacun des locaux présentant un risque incendie par application des critères PFG et PFL,
- par bâtiment, une comparaison est faite entre la courbe de feu de chaque local et les courbes de performance de résistance au feu des éléments de sectorisation présents dans le local.

Pour les différents scénarios de feu, les calculs ont été effectués à partir de l'ensemble des risques PFG et PFL connus dans chaque local, en privilégiant le scénario le plus pénalisant.

Par exemple, si le local contient plusieurs PFL, le scénario retenu est le scénario PFL le plus pénalisant (en général, il s'agit du scénario menant à la température moyenne de la couche chaude du local la plus élevée).

L'inventaire des charges calorifiques, par type de combustible, a été effectué de manière conservative. Par exemple, les chemins de câbles ont tous été considérés chargés à 100%.

En cas de dépassement ponctuel des courbes de performances d'un élément de sectorisation par la courbe de feu d'un local, des éléments de justification de l'absence d'enjeu de sûreté (non propagation de l'incendie et absence de modes communs) ont été apportés.

Les résultats de ces études sont présentées en [§ 2.2.](#) pour chaque ouvrage classé.

2.1.2.5. Analyse des zones de feu de sûreté

Pour vérifier la robustesse des zones de feu, l'adéquation de la définition des frontières du volume avec les conséquences probables d'un incendie est évaluée sur la base d'une analyse prenant en compte les différents effets de l'incendie :

- Vérification de l'absence de propagation de l'incendie à l'extérieur de la zone de feu (critère de 350°C),
- Absence de risque de modes communs, y compris à l'extérieur de la zone de feu (critère de température et de rayonnement thermique), selon les principes définis en [§ 2.1.3.](#)

Ces analyses permettent de démontrer la non propagation de l'incendie via les ouvertures de la zone de feu. Dans le cas contraire, une analyse complémentaire doit être menée pour vérifier que cette propagation n'est pas susceptible de remettre en cause l'atteinte des objectifs de sûreté.

Dans ces analyses, il peut être démontré que certaines charges calorifiques spécifiques, non susceptibles de générer par elles-mêmes un départ de feu, ne seront pas mobilisées dans un éventuel incendie survenant à proximité.

2.1.2.6. Dispositions valorisées dans les études

Les dispositions passives suivantes peuvent être valorisées dans le cadre des études de justification de la sectorisation :

- Réduction de la charge calorifique du local via une modification de l'installation ou via la mise en place de protections résistantes au feu (enrubannage de chemins de câbles par du Soustracteur de Charge Calorifique (SCC) par exemple).

Les dispositions actives suivantes, libellées « Disposition Agressions » sont valorisées :

- Les fonctions de fermetures de clapets coupe-feu situés en frontière d'un volume de feu de sûreté. Les équipements ou informations correspondants sont redondés et classés à minima F2,
- Les fonctions de production d'eau incendie et d'alimentation des systèmes de lutte contre l'incendie, lorsqu'elles permettent de garantir la suffisance des éléments de sectorisation de sûreté. Les équipements ou informations correspondants sont redondés et classés à minima F2,
- La détection incendie, lorsqu'elle permet la fermeture automatique de clapets coupe-feu en limite de volume de feu de sûreté ou le déclenchement de l'ordre de commande d'ouverture des vannes déluge du poste de contrôle JPV. Les équipements ou informations correspondants sont redondés et classés à minima F2.

Ces dispositions sont détaillées dans les documents [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#), [Réf \[5\]](#) et [Réf \[8\]](#).

En complément des études EPRESSI, des analyses de risque incendie sont réalisées afin de démontrer que certaines charges calorifiques spécifiques, non susceptibles de générer par elles-mêmes un départ de feu, ne seront pas mobilisées dans un éventuel incendie survenant à proximité. Le cas échéant, les dispositions correctives correspondantes sont identifiées dans les [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#).

2.1.3. Analyse de vulnérabilité

L'analyse de vulnérabilité (étude des modes communs incendie) vise à démontrer que l'incendie ne génère pas de modes communs confirmés au sein des VFS ou entre ZFS. C'est une étude détaillée de vérification qui s'appuie sur la sectorisation incendie ([§ 2.1.1.](#)) et la justification de la non propagation d'un incendie ([§ 2.1.2.](#)).

Conformément aux principes définis au [§ 1.5.6.](#), une analyse de vulnérabilité incendie est effectuée dans l'ensemble des bâtiments classés en vérifiant les critères a, b, c, d, e et f.

Elle est réalisée en quatre étapes (cf. [§ 1.5.6.](#)) :

- 1) Une identification des modes communs potentiels (selon les critères cités ci dessus),
- 2) Une analyse fonctionnelle des conséquences de la perte des équipements identifiés en 1,
- 3) Une analyse de risque incendie, appliquée à chaque mode commun fonctionnellement confirmé en 2, afin de confirmer ou dédouaner le mode commun.
- 4) La mise en place de disposition(s) corrective(s) si l'étape 3 confirme l'existence d'un mode commun.

2.1.3.1. Nature des cibles et identification des modes communs potentiels (étape 1)

Comme défini au [§ 1.5.6.](#), la défaillance fonctionnelle de tous les équipements (exceptés ceux protégés par une barrière qualifiée contre l'incendie, conçue pour résister aux conséquences d'un incendie ou capable de le faire) dans le secteur de feu de sûreté ou la zone de feu de sûreté où l'incendie se déclare, est analysée en première approche.

Les conséquences fonctionnelles de la perte des équipements en termes de sûreté sont analysées conformément aux critères des paragraphes 0.2.1 et 0.2.2.1 de la section 3.4.0 et dans le respect des objectifs présentés au [§ 0.1.](#)

L'identification des modes communs potentiels (étape 1) consiste à identifier :

□

Nota : L'identification des modes communs potentiels est également réalisée, le cas échéant, entre deux ZFS.

Cas particulier du critère c

Le critère c couvre les risques de modes communs par défaut de sélectivité électrique découlant de l'agression d'un feu sur une ou plusieurs liaisons électriques. Il se décline en deux types :

- Le critère « c » type 1 couvre les risques de non sélectivité au niveau des protections électriques des tableaux d'alimentation du circuit de distribution (feu dans un local agressant simultanément plusieurs liaisons électriques protégées d'un même tableau).
- Le critère « c » type 2 s'applique aux câbles de contrôle et d'instrumentation raccordés aux automates de contrôle commande (perte de tout un bloc de contrôle-commande, protégé par une seule protection, par destruction d'un seul des câbles alimentés).

Ces analyses de modes communs selon le critère « c » ne sont pas menées au cas par cas mais sont menées de manière générique en analysant l'architecture de la distribution et du contrôle commande, les matériels mis en œuvre, les règles d'installation des câbles, les modes de défaillance des liaisons électriques et les propriétés d'isolement des circuits.

Les risques de non sélectivité au niveau des protections électriques des tableaux d'alimentation du circuit de distribution de la centrale en cas d'incendie (critère c type 1) ont été écartés suite à des analyses et des essais. Le critère c type 2 est dédouané pour le contrôle commande EPR FA3 classé de sûreté sur la base des règles d'isolement et de séparation des liaisons électriques contrôle commande sur tout leur itinéraire et des propriétés de tenue des cartes aux défauts externes (courts circuits) dans les gammes admissibles.

2.1.3.2. Analyse fonctionnelle (étape 2)

L'étape 2 de l'analyse de vulnérabilité consiste à analyser fonctionnellement les conséquences de la perte des équipements identifiés lors de la première étape. Si l'analyse fonctionnelle ne parvient pas à

justifier l'acceptabilité des modes communs potentiels, ceux ci deviennent des modes communs fonctionnellement confirmés.

Nota 1 : La perte d'une fonction F1 par agression est acceptable lorsqu'elle n'est pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés.

Nota 2 : L'analyse fonctionnelle des modes communs relative à l'agression des liaisons électriques (câbles, coffrets et armoires électriques) fait l'objet d'études spécifiques, disponibles en [Réf \[6\]](#) et [Réf \[7\]](#).

Cas particulier des modes communs câblages

Les modes communs câblages fonctionnellement confirmé au titre des critères A, B ou D de l'analyse de vulnérabilité (définis au [§ 1.5.6.](#)) à l'issu de l'étape 2 et non protégés par un système de lutte incendie fixe automatique font l'objet d'un enrubannage fonctionnel. En cas d'impossibilité technique, des mesures compensatoires adaptées à la maîtrise du risque sont mises en oeuvre.

2.1.3.3. Initiateurs, scénarios considérés et modes de dégradation (étape 3)

L'étape 3 de l'analyse de vulnérabilité (Analyse de Risque Incendie) est basée sur une analyse plus réaliste du comportement d'un feu et du dysfonctionnement des matériels (cf. [§ 2.1.3.2.](#))

Les initiateurs considérés sont principalement ceux utilisés dans les études de justifications de la sectorisation (critères PFL et PFG définis en [§ 2.1.2.1.](#)). Ces critères sont toutefois amendés et complétés sur la base des notions suivantes :

□

Ces ARI (Analyse de Risque Incendie) sont réalisées sur la base d'une méthodologie dédiée en prenant en compte de nombreux paramètres tels que la nature du combustible, la situation géographique des équipements dans le local, la concentration de la charge calorifique, la présence de foyers initiateurs ou de foyers agresseurs, la température de dysfonctionnement des matériels, etc.

Les modes de dégradations retenus sont définis au [§ 1.5.6.](#)

2.1.3.4. Modélisation du phénomène (étape 3)

Lorsque la démonstration nécessite la modélisation de l'incendie, le code de calcul □ (cf. chapitre Annexe 3) est généralement utilisé. Pour certaines modélisations spécifiques ou lorsque le code □ n'est pas adapté, le code □ est utilisé.

2.1.3.5. Dispositions valorisées dans les études (étape 4)

Si l'étape 3 confirme l'existence d'un mode commun, l'étape 4 de l'analyse de vulnérabilité consiste à mettre en œuvre des dispositions correctives afin de supprimer les modes communs ou à produire une justification fonctionnelle complémentaire.

Les dispositions suivantes sont valorisées dans le cadre des analyses de vulnérabilité :

- Suppression du foyer initiateur ou du foyer agresseur via une modification de l'installation ou via la mise en place de protections résistantes au feu (enrubannage de chemins de câbles par du Soustracteur de Charge Calorifique (SCC) par exemple),
- Suppression de la ou des cible(s) en mode(s) commun(s) via une modification de l'installation (déplacement de la cible par exemple) ou via la mise en place de protections résistantes au feu adéquates (enrubannage fonctionnel de chemins de câbles ou de gaines de ventilation ; écrans thermiques ; caissons résistants au feu...),

- Valorisation d'un système de lutte incendie automatique fixe permettant de garantir que le feu sera éteint ou circonscrit avant d'atteindre une autre masse combustible ou d'agresser une cible.

Certaines hypothèses retenues dans les études sont également identifiées comme des dispositions valorisées. Il s'agit par exemple des dispositions visant à démontrer que certaines charges calorifiques spécifiques, non susceptibles de générer par elles-mêmes un départ de feu, ne seront pas mobilisées dans un éventuel incendie survenant à proximité (cf. [§ 2.1.2.6.](#)).

Ces dispositions sont détaillées dans les documents [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#), [Réf \[5\]](#) et [Réf \[8\]](#).

2.2. MESURES DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE – ANALYSE PAR BATIMENT

2.2.1. Bâtiment Réacteur (BR)

2.2.1.1. Spécificités du bâtiment

Le bâtiment réacteur est décrit dans le paragraphe 2.3 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment réacteur (BR) présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires. Ce bâtiment contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il contient également des équipements dont l'agression par incendie est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes RCP ou RCV.

La conception du bâtiment réacteur, basée sur la technique de la double enceinte, est composée de deux volumes :

- l'espace entre-enceinte,
- et le volume de confinement du réacteur à l'intérieur de l'enceinte interne.

Ces volumes, dont les parois sont réalisées en béton (précontraint ou armé), sont considérés comme des secteurs de feu.

Dans le bâtiment réacteur, le risque potentiel d'incendie est dispersé (pompes, matériels électriques...). Les GMPP représentent la source de risque d'incendie principale.

Le confinement de l'enceinte, hors période d'arrêt, rend impossible tout rejet de matières contaminées à l'extérieur en cas d'incendie.

2.2.1.2. Sectorisation

Le découpage en volume de feu est limité par les dispositions constructives ou par le process :

- compacité des installations,
- dilution des concentrations d'hydrogène,
- expansion de la vapeur en cas de rupture de tuyauterie.

Le BR est par conséquent constitué de zones de feu de sûreté (ZFS). Le principe de séparation géographique des trains redondants est appliqué.

Une zone de feu est généralement associée à un train électrique (1 à 4). Si, à titre exceptionnel, une zone de feu de sûreté contient des composants électriques redondants, une analyse de vulnérabilité est réalisée.

Les limites des zones de feu peuvent être matérialisées ou fictives (distance).

Espace entre-enceinte du bâtiment réacteur

Le volume de l'espace entre-enceinte est découpé en quatre zones de feu de sûreté (ZFS) correspondant chacune à une division. Chaque zone de feu de sûreté inclut les câblages et connexions avec le bâtiment électrique et des auxiliaires de sauvegarde correspondant.

Des protections passives (écrans) sont prévues en limite de zone de feu de sûreté lorsque ces limites présentent de fortes concentrations de charges calorifiques.

Le volume de confinement (enceinte interne)



2.2.1.3. Justification de la sectorisation

La méthode EPRESSI n'est pas applicable dans le bâtiment réacteur car sa configuration est très particulière (grand volume).

Les scénarios de feu suivants ont été identifiés et analysés :

- Des PFL et PFG liés à la présence de câbles,
- Des PFL liés à la présence de matériels électromécaniques.

2.2.1.3.1. Justification des zones de feu de sûreté

La justification des ZFS du BR est réalisée via :

- La mise en place, via des principes de découplage, d'enrubannages Soustracteur de Charge Calorifique (SCC) sur la plupart des risques de PFL et PFG liés à la présence de câbles au sein des HRA et HRB,
- Dans HRB, par la présence de paroi pareflamme en limite de ZFS sur une grande partie de la hauteur de HRB et par la présence de sprinklage protégeant un certain nombre de PFG câbles,
- Dans HRA, l'absence d'initiateur à proximité des PFL et PFG câbles ou l'éloignement des PFL et PFG câbles de la limite de ZFS permettent de garantir l'absence de propagation de l'incendie dans la ZFS adjacente.

2.2.1.3.2. Dispositions valorisées

Les études de justification de la sectorisation du BR s'appuient sur les dispositions suivantes :

- Les installations automatiques fixes de lutte contre l'incendie (JPI),
- L'enrubannage SCC (Soustracteur de Charge Calorifique) ajouté au sein des HRA et HRB afin d'écarter la plupart des risques de PFG ou PFL liés aux câbles,
- Les prescriptions associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles.

2.2.1.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (études de modes communs) du BR sont spécifiques et s'appuient notamment sur l'analyse des foyers présents dans le BR et l'absence de propagation d'incendie. Ces analyses sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.3.](#)

2.2.1.4.1. Synthèse des analyses

Les étapes 1 et 2 de l'analyse de vulnérabilité ont conduit à l'identification de modes communs fonctionnellement confirmés au sein du Bâtiment Réacteur (critère a). Ces modes communs sont dédouanés par la réalisation d'Analyses de Risque Incendie (ARI) permettant d'écarter le risque d'agression (étape 3), par des justifications fonctionnelles complémentaires et/ou par la mise en place de dispositions correctives (étape 4), présentées en [§ 2.2.1.4.2.](#)

En fonction de l'état de tranche considéré, un incendie dans le BR peut conduire à générer des transitoires de type PCC 2 suivants (critère d) :

- « Arrêt intempestif du réacteur (état A) » (cf. section 15.2.2a).
- « Dysfonctionnement du RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du fluide primaire (états A à E) » (cf. section 15.2.2r).
- « Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en eau du circuit primaire » (cf. paragraphe 2 de la section 15.2.2s).
- « Baisse incontrôlée du niveau primaire (états C3 et D) (cf. section 15.2.2v).

La réalisation d'analyses fonctionnelles, d'Analyses de Risque Incendie ainsi que la mise en place de dispositions, identifiées au [§ 2.2.1.4.2](#), permettent de gérer ou d'écarter le risque de générer des transitoires de type PCC en cas d'incendie au sein du BR.

Il n'y a pas de mode commun fonctionnellement confirmé selon les critères b, e et f dans ce bâtiment.

Par conséquent, un incendie au sein du BR ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.1.4.2. Dispositions valorisées

Les analyses de vulnérabilité du BR s'appuient sur les dispositions suivantes :

- La mise en place de protections fonctionnelles résistantes au feu (chemins de câbles, gaines de ventilation, coffrets...),
- La mise en place de protections résistantes au feu visant à écarter le risque d'incendie du foyer initiateur ou du foyer agresseur (enrubannages SCC) ou à protéger la cible (écrans thermiques),
- Les prescriptions associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles,
- Des prescriptions d'exploitation (dispositions organisationnelles).

2.2.2. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE / BATIMENT ELECTRIQUES (BAS/BL)

2.2.2.1. Spécificités du bâtiment

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde sont décrits dans le paragraphe 2.4 de la section 1.2.3.2.

Les bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde (BAS/BL) sont séparés en quatre divisions distinctes (BAS/BL 1 à 4) abritant des matériels participant à la réalisation de fonctions F1. Les BAS/BL 2 et 3 abritent également respectivement la salle de commande principale et la station de repli.

Les BAS/BL abritent principalement les trains redondants des systèmes classés de sûreté dédiés au bâtiment réacteur (BR) et les divisions électriques. Ils contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^è file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI. Ils contiennent également des équipements dont l'agression par un incendie est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, VDA, VVP ou une division électrique.

Les casemates des tuyauteries eau et vapeur (des systèmes ARE, VVP et VDA) ainsi que la robinetterie associée (des trains 1 à 4) sont situées dans les niveaux hauts des BAS/BL 1 et 4.

Dans les BAS/BL, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans :

□

2.2.2.2. Sectorisation

Chacune des divisions des BAS/BL est constituée :

- d'un secteur de feu de sûreté (SFS), lui-même divisé en d'autres secteurs de feu de sûreté (SFS) et en secteurs de feu d'intervention (SFI),
- de secteurs d'accès (SFA),
- et de volumes non sectorisés (VNS).

De plus, les BAS/BL 1 et 4 possèdent des zones de feu de sûreté (ZFS) pour chacun des trains des systèmes ARE et VVP/VDA.

Les volumes de feu de sûreté sont listés ci-dessous.



2.2.2.3. Justification de la sectorisation

Les études réalisées et la mise en place de dispositions correctives permettent de démontrer l'adéquation de la sectorisation avec les risques incendie présents au sein des BAS/BL de l'EPR FA3.

2.2.2.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Les études de justification de la sectorisation (EPRESSI) des BAS/BL sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.2.](#)

Les scénarios de feu suivants ont été identifiés et analysés :

- Des PFL et PFG liés à la présence de câbles,
- Des PFL liés à la présence de matériels électromécaniques,
- Des PFG liés à la présence de liquide à dynamique rapide.

Pour l'ensemble des scénarios concernés, des modélisations sont réalisées afin d'obtenir la courbe de feu la plus enveloppe pour chaque local. Ces courbes de feu des locaux sont ensuite comparées aux courbes de performances des différents éléments de sectorisation présents au sein des volumes de feu concernés.

Le cas échéant, des dispositions, présentées au [§ 2.2.2.3.3.](#), ont été prises.

Dans un local, un dépassement de la courbe de performance d'un produit de calfeutrement de trémie coupe-feu a été identifié. Dans une démarche conservative, une étude complémentaire a été réalisée en considérant ces éléments comme non résistant au feu (la modélisation est alors réalisée en considérant l'absence de ces éléments de sectorisation). Ces études démontrent la non-propagation de l'incendie vers l'extérieur du volume de feu ainsi que l'absence de mode commun.

2.2.2.3.2. Justification des zones de feu de sûreté

Seuls les BAS 1 et 4 possèdent des ZFS (cf. [§ 2.2.2.2.](#)). Ces volumes de feu sont identifiés en zones de par la présence de membranes non résistantes au feu. Ces zones sont justifiées par la faible quantité de charge calorifique en présence ou via la réalisation d'Analyses de Risque Incendie.

2.2.2.3.3. Dispositions valorisées

Les études de justification de la sectorisation des BAS s'appuient principalement sur les dispositions suivantes :

- Les installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPI),
- Les fonctions de fermeture automatique de clapets coupe-feu situés en frontière d'un volume de feu de sûreté, en particulier sur les systèmes DCL, DVE, DVL et DWL,
- L'enrubannage SCC (Soustracteur de Charge Calorifique) ajouté dans une dizaine de locaux afin de limiter la charge calorifique et d'écarter certains risques de PFG ou PFL liés aux câbles.

2.2.2.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) des BAS/BL sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.3.](#)

2.2.2.4.1. Synthèse des analyses

Les étapes 1 et 2 de l'analyse de vulnérabilité ont conduit à l'identification de modes communs fonctionnellement confirmés au sein des BAS/BL (critères a, b et e). Ces modes communs sont dédouanés par la réalisation d'Analyses de Risque Incendie (ARI) permettant d'écarter le risque d'agression (étape 3), par des justifications fonctionnelles complémentaires et/ou par la mise en place de dispositions correctives (étape 4), présentées en [§ 2.2.2.4.2.](#)

En fonction de l'état de tranche considéré, un incendie dans les BAS peut conduire à générer des transitoires de type PCC 2 suivants (critère d) :

- « Arrêt intempestif du réacteur (état A) » (cf. section 15.2.2a),
- « Défaillance de l'ARE conduisant à une augmentation du débit d'eau alimentaire (états A et B) » (cf. section 15.2.2c),
- « Perte d'une pompe primaire sans AAR partiel » (cf. section 15.2.2k),
- « Mauvais positionnement et chute d'une grappe, sans limitation » (cf. section 15.2.2p),
- « Dysfonctionnement du RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du fluide primaire (états A à E) » (cf. section 15.2.2r),
- « Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire » (cf. paragraphe 1 de la section 15.2.2s),
- « Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en eau du circuit primaire » (cf. paragraphe 2 de la section 15.2.2s),
- « Baisse incontrôlée du niveau primaire (états C3 et D) » (cf. section 15.2.2v),
- « Perte d'un train RIS/RRA en mode RA (états C3 et D) » (cf. section 15.2.2w).

Un incendie dans les BAS est également susceptible de conduire aux transitoires de type PCC 3 suivants :

- « Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état F) » (cf. section 15.2.3s),
- « Fermeture intempestive d'une ou de toutes les vannes d'isolement vapeur » (cf. section 15.2.3g),
- « APRP petite brèche » (cf. section 15.2.3e).

La réalisation d'analyses fonctionnelles, d'Analyses de Risque Incendie ainsi que la mise en place de dispositions, identifiées au [§ 2.2.2.4.2.](#), permettent de gérer ou d'écarter le risque de générer des transitoires de type PCC en cas d'incendie au sein des BAS/BL.

Il n'y a pas de mode commun fonctionnellement confirmé selon le critère f dans ce bâtiment.

Par conséquent, un incendie au sein des BAS/BL ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.2.4.2. Dispositions valorisées

Les analyses de vulnérabilité des BAS/BL s'appuient sur les dispositions suivantes :

- Certaines installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPI),
- La mise en place de protections fonctionnelles résistantes au feu (chemins de câbles, coffrets...).

2.2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)

2.2.3.1. Spécificités du bâtiment

Le bâtiment combustible est décrit dans le paragraphe 2.5 de la section 1.2.3.2.

Le bâtiment combustible (BK) contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient également des équipements dont l'agression par incendie est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN.

Les systèmes redondants du BK (RBS, PTR, RCV) sont situés dans .

Dans le bâtiment combustible, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans :

2.2.3.2. Sectorisation

Les volumes de feu de sûreté sont listés ci-dessous.

2.2.3.3. Justification de la sectorisation

Les études réalisées et la mise en place de dispositions correctives permettent de démontrer l'adéquation de la sectorisation avec les risques incendie présents au sein du BK de l'EPR FA3.

2.2.3.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Les études de justification de la sectorisation (EPRESSI) du BK sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.2.](#)

Les scénarios de feu suivants ont été identifiés et analysés :

- Des PFL et PFG liés à la présence de câbles,
- Des PFL liés à la présence de matériels électromécaniques,
- Des PFG liés à la présence de liquide à dynamique rapide.

Pour l'ensemble des scénarios concernés, des modélisations sont réalisées afin d'obtenir la courbe de feu la plus enveloppe pour chaque local. Ces courbes de feu des locaux sont ensuite comparées aux courbes de performances des différents éléments de sectorisation présents au sein des volumes de feu concernés.

Le cas échéant, des dispositions, présentées au [§ 2.2.3.3.3.](#), ont été prises.

Dans un local, un dépassement de la courbe de performance d'un produit de calfeutrement de trémie coupe-feu a été identifié. Dans une démarche conservatrice, une étude complémentaire a été réalisée en considérant ces éléments comme non coupe-feu (la modélisation est alors réalisée en considérant l'absence de ces éléments de sectorisation). Ces études démontrent la non-propagation de l'incendie vers l'extérieur du volume de feu ainsi que l'absence de mode commun.

2.2.3.3.2. Justification des zones de feu de sûreté

Le bâtiment combustible ne contient pas de ZFS.

2.2.3.3.3. Dispositions valorisées

Les études de justification de la sectorisation du BK s'appuient principalement sur les dispositions suivantes :

- Les installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPI),
- Les fonctions de fermeture automatique de clapets coupe-feu situés en frontière d'un volume de feu de sûreté, en particulier sur les systèmes DWK, DWL, EBA et EDE,
- L'enrubannage SCC (Soustracteur de Charge Calorifique) ajouté dans une quinzaine de locaux afin de limiter la charge calorifique et d'écarter certains risques de PFG ou PFL liés aux câbles,
- Les protections résistantes au feu (SCC) ou les installations fixes de lutte contre l'incendie (JPI) associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles.

2.2.3.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) du BK sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.3.](#)

2.2.3.4.1. Synthèse des analyses

Les étapes 1 et 2 de l'analyse de vulnérabilité ont conduit à l'identification de modes communs fonctionnellement confirmés au sein du bâtiment combustible (critère a). Ces modes communs sont dédouanés par la réalisation d'Analyses de Risque Incendie (ARI) permettant d'écarter le risque d'agression (étape 3) et par la mise en place de dispositions correctives (étape 4), présentées en [§ 2.2.3.4.2.](#)

En fonction de l'état de tranche considéré, un incendie dans le BK peut conduire à générer des transitoires de type PCC 2 suivants (critère d) :

- « Arrêt intempestif du réacteur (état A) » (cf. section 15.2.2a),
- « Dysfonctionnement du RCV conduisant à une diminution de la concentration en bore du fluide primaire (états A à E) » (cf. section 15.2.2r),
- « Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire » (cf. paragraphe 1 de la section 15.2.2s),
- « Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en eau du circuit primaire » (cf. paragraphe 2 de la section 15.2.2s),
- « Baisse incontrôlée du niveau primaire (états C3 et D) » (cf. section 15.2.2v).

La réalisation d'analyses fonctionnelles, d'Analyses de Risque Incendie ainsi que la mise en place de dispositions, identifiées au [§ 2.2.3.4.2.](#), permettent de gérer ou d'écarter le risque de générer des transitoires de type PCC en cas d'incendie au sein du BK.

Il n'y a pas de mode commun fonctionnellement confirmé selon les critères b, e et f dans ce bâtiment.

Par conséquent, un incendie au sein du BK ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.3.4.2. Dispositions valorisées

Les analyses de vulnérabilité du BK s'appuient sur les dispositions suivantes :

- Certaines installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPI),
- La mise en place de protections fonctionnelles résistantes au feu (chemins de câbles, coffrets...),
- Les protections résistantes au feu (SCC) ou les installations fixes de lutte contre l'incendie (JPI) associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles,

- La fonction permettant d'assurer un moyen de pompage pour l'appoint en eau de la piscine BK, nécessaire pour la gestion de l'incendie indépendant postulé en phase long terme d'un PCC affectant un train de refroidissement PTR.

2.2.4. BÂTIMENTS DIESELS (BD)

2.2.4.1. Spécificités du bâtiment

Les bâtiments diesels (BD) sont décrits dans le paragraphe 2.8 de la section 1.2.3.2.

Les bâtiments diesels contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement. Aucune agression par incendie d'un équipement dans les BD n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

Chaque bâtiment diesel comprend deux groupes électrogènes dédiés aux divisions 1/2 ou 3/4 et un groupe d'ultime secours division 1 ou division 4. Chaque groupe électrogène est situé dans une partie indépendante du bâtiment qui est délimitée par une séparation physique.

Dans les bâtiments diesels, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans :

□

2.2.4.2. Sectorisation

□

2.2.4.3. Justification de la sectorisation

Les études réalisées et la mise en place de dispositions correctives permettent de démontrer l'adéquation de la sectorisation avec les risques incendie présents au sein des BD de l'EPR FA3.

2.2.4.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Les études de justification de la sectorisation (EPRESSI) des BD sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.2.](#)

Les scénarios de feu suivants ont été identifiés et analysés :

- Des PFL et PFG liés à la présence de câbles,
- Des PFL liés à la présence de matériels électromécaniques.

Pour l'ensemble des scénarios concernés, des modélisations sont réalisées afin d'obtenir la courbe de feu la plus enveloppe pour chaque local. Ces courbes de feu des locaux sont ensuite comparées aux courbes de performances des différents éléments de sectorisation présents au sein des volumes de feu concernés.

Le cas échéant, des dispositions, présentées au [§ 2.2.4.3.3.](#), ont été prises.

2.2.4.3.2. Justification des zones de feu de sûreté

Les □ présentes au sein des BD sont libellées en « Zone » en raison de la présence d'ouvertures vers l'extérieur (cf. [§ 2.2.4.2.](#)). Excepté ces ouvertures, ces zones ont été analysées comme des secteurs de feu de sûreté. En particulier, la méthode EPRESSI a été appliquée pour justifier la performance de la sectorisation entre deux ZFS.

2.2.4.3.3. Dispositions valorisées

Les études de justification de la sectorisation du BD s'appuient principalement sur les dispositions suivantes :

- Les installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPV),

- Les fonctions de fermeture automatique de clapets coupe-feu situés en frontière d'un volume de feu de sûreté, en particulier sur le système DVD,
- L'enrubannage SCC (Soustracteur de Charge Calorifique) ajouté dans quelques locaux afin de limiter la charge calorifique et d'écarter certains risques de PFG ou PFL liés aux câbles,
- Les protections résistantes au feu (SCC) ou les installations fixes de lutte contre l'incendie (JPI) associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles.

2.2.4.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) des BD sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.3.](#)

2.2.4.4.1. Synthèse des analyses

Les étapes 1 et 2 de l'analyse de vulnérabilité ont permis d'écarter le risque de modes communs au sein des bâtiments diesels (critère a, b et e).

Aucun transitoire de type PCC n'est susceptible d'être initié par un incendie dans les BD.

Par conséquent, un incendie au sein des bâtiments diesels ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.4.4.2. Dispositions valorisées

Les analyses de vulnérabilité du BD s'appuient sur les dispositions suivantes :

- Certaines installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPV),
- La mise en place de protections fonctionnelles résistantes au feu (chemins de câbles, coffrets...),
- Les protections résistantes au feu (SCC) ou les installations fixes de lutte contre l'incendie (JPI) associées à la démonstration d'absence de risque de mobilisation de certaines charges combustibles.

2.2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)

2.2.5.1. Spécificités du bâtiment

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) est décrit dans le paragraphe 2.6 de la section 1.2.3.2.

Le BAN ne contient pas d'équipement classé F1. Aucune agression par incendie d'un équipement dans le BAN n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

Dans le BAN, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans :

□

La protection des filtres à charbon actif (pièges à iode) du système DWN (fonction classée F2) est réalisée selon les dispositions de l'ETC-F.

2.2.5.2. Sectorisation

□

2.2.5.3. Justification de la sectorisation

□ Les études de justification de la sectorisation, réalisées dans une démarche conservative selon la méthode EPRESSI, ont pour unique objectif de sûreté la démonstration de l'absence de risque de propagation d'un incendie vers les ouvrages adjacents et classés de l'EPR abritant des fonctions F1 (BK, BAS/BL 4).

Ces études sont réalisées, par robustesse, pour l'ensemble des volumes de feu du bâtiment. Elles permettent de démontrer l'adéquation de la sectorisation avec les risques incendie présents au sein du BAN de l'EPR FA3.

2.2.5.4. Analyse de vulnérabilité

Aucune analyse de vulnérabilité (étude de modes communs) n'est réalisée dans le BAN car le bâtiment n'abrite pas de fonction F1. De même, aucun transitoire de type PCC n'est susceptible d'être initié par un incendie au sein du BAN.

2.2.6. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (BTE)

2.2.6.1. Spécificités du bâtiment

Le bâtiment de traitement des effluents est décrit dans le paragraphe 2.9 de la section 1.2.3.2.

Le BTE ne contient pas d'équipement classé F1. Aucune agression par incendie d'un équipement dans le BTE n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

Il est constitué de deux parties :

□

Dans le bâtiment de traitement des effluents, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans :

□

2.2.6.2. Sectorisation

□

2.2.6.3. Justification de la sectorisation

□. Les études de justification de la sectorisation, réalisées dans une démarche conservative selon la méthode EPRESSI, ont pour unique objectif de sûreté la démonstration de l'absence de risque de propagation d'un incendie vers les ouvrages adjacents et classés de l'EPR abritant des fonctions F1. Aucun ouvrage de ce type n'étant directement adjacent au BTE, ces études visent à démontrer l'absence de propagation vers le BAN, lui-même adjacent aux BK et BAS/BL 4.

Ces études sont réalisées, par robustesse, pour l'ensemble des volumes de feu du bâtiment. Elles permettent de démontrer l'adéquation de la sectorisation avec les risques incendie présents au sein du BTE de l'EPR FA3.

2.2.6.4. Analyse de vulnérabilité

Aucune analyse de vulnérabilité (étude de modes communs) n'est réalisée dans le BTE car le bâtiment n'abrite pas de fonction F1. De même, aucun transitoire de type PCC n'est susceptible d'être initié par un incendie au sein du BTE.

2.2.7. TOUR D'ACCÈS (HW)

2.2.7.1. Spécificités du bâtiment

La tour d'accès (HW) est décrite dans le paragraphe 2.7 de la section 1.2.3.2.

La tour d'accès est un bâtiment qui permet l'accès à l'îlot nucléaire depuis le Pôle Opérationnel d'Exploitation (POE) et à la Salle des Machines par l'intermédiaire de galeries. Elle est située entre les

divisions 3 et 4 des bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde. Elle est constituée de locaux en zone contrôlée et de locaux hors zone contrôlée.

Le HW ne contient pas d'équipement classé F1. Aucune agression par incendie d'un équipement dans le HW n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

2.2.7.2. Sectorisation

□.

2.2.7.3. Justification de la sectorisation

□. Les études de justification de la sectorisation, réalisées dans une démarche conservative selon la méthode EPRESSI, ont pour unique objectif de sûreté la démonstration de l'absence de risque de propagation d'un incendie vers les ouvrages adjacents et classés de l'EPR abritant des fonctions F1 (BAS/BL 3 et 4).

2.2.7.4. Analyse de vulnérabilité

Aucune analyse de vulnérabilité (étude de modes communs) n'est réalisée dans le HW car le bâtiment n'abrite pas de fonction F1. De même, aucun transitoire de type PCC n'est susceptible d'être initié par un incendie au sein du HW.

2.2.8. STATION DE POMPAGE (SDP)

2.2.8.1. Spécificités du bâtiment

La station de pompage est décrite dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2.

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. La division 1 contient également la redondance du système SRU permettant le refroidissement de la troisième file PTR, valorisée pour la gestion d'accident PCC. Chaque division de la station de pompage est connectée aux galeries classées appartenant à la même division de sûreté permettant la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU.

La station de pompage contient également des équipements dont l'endommagement peut potentiellement générer des transitoires incidentels ou accidentels dont l'analyse est couverte par celles des PCC. Les systèmes SEC, CFI, et DVP sont concernés. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

La prise en compte d'un incendie indépendant en phase long terme des situations RRC-A conduit également à analyser le système SRU en tant que fonction support au système EVU.

Dans la station de pompage, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans □.

2.2.8.2. Sectorisation

□

2.2.8.3. Justification de la sectorisation

2.2.8.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Les études de justification de la sectorisation (EPRESSI) de la station de pompage sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.2.](#)

Pour l'ensemble des scénarios concernés, des modélisations sont réalisées afin d'obtenir la courbe de feu la plus enveloppe pour chaque local étudié. Ces courbes de feu des locaux sont ensuite comparées aux courbes de performances des différents éléments de sectorisation présents au sein des volumes de feu concernés.

Les courbes de feu ont été établies pour tous les locaux du domaine d'application de la méthode EPRESSI hormis :

□

Contrairement aux autres risques PFG pour lesquels un système d'aspersion a été installé, les ponts roulants ne sont munis d'aucun système aspersion, la charge calorifique associée n'étant pas mobilisable. En cas de mobilisation de la quantité totale de combustible des ponts roulants lors d'un incendie, l'absence d'impact sûreté a été démontrée.

Ces locaux sont hors domaine d'application du logiciel □ : leur volume excède le volume maximum pour lequel le logiciel est qualifié. Une analyse de risque a été menée et au vu de la répartition, de la nature et des caractéristiques de la charge calorifique ainsi que du volume des locaux, les foyers identifiés ne peuvent générer un risque PFG dans ces halls de manutention.

□

Chaque local □ contient le moyeu du tambour filtrant. Ces locaux sont à risque PFG dû à la quantité d'huile contenue dans les moyeux du tambour filtrant. Une analyse de risque incendie a démontré que la charge calorifique des moyeux n'est pas mobilisable. Aucun système fixe automatique d'aspersion n'a été installé.

L'étude de vérification de la performance des éléments de sectorisation permet de confirmer la robustesse des volumes de feu de sûreté.

2.2.8.3.2. Justification de la sectorisation

Les zones de feu de sûreté présentent des ouvertures situées au niveau des interfaces:

- avec l'extérieur,
- avec une zone de feu de sûreté du même train.

Les études de justification de la sectorisation de la station de pompage s'appuient principalement sur les hypothèses suivantes :

- Les installations fixes et automatiques de lutte contre l'incendie (JPD),
- L'absence de charge calorifique significative dans les locaux caractérisés « ni PFL, ni PFG »,
- L'absence de sources de danger sur les voiries à proximité immédiate de la station de pompage,
- L'absence de combustible source de foyer secondaire sur le trajet des goulottes de collecte des déchets.

Ouvertures sur l'extérieur

Les ouvertures sur l'extérieur concernent des portes, les amenées d'air et les extractions d'air. Les études de risque incendie ont démontré l'absence de risque de propagation d'un incendie à ces ouvertures.

Ouvertures sur une zone de feu de sûreté

Les quatre zones de feu de sûreté communiquent avec la zone de feu de sûreté de la galerie SEC du train correspondant par une Paroi Avec Ouverture (PAO). Le risque de propagation d'un incendie par ces ouvertures n'est pas écarté. Cependant il ne présente aucun impact vis-à-vis de la sûreté.

Les goulottes de collecte des déchets mettent en communication les quatre zones de feu de sûreté ainsi que la zone de feu de sûreté de la division une avec le local □. Les études de risque incendie ont démontré l'absence de risque de propagation d'un incendie à ces ouvertures.

2.2.8.3.2.1. Justification de la sectorisation

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.2.2.](#) ont été valorisées dans les études incendie. Pour ce bâtiment, les dispositions matérielles suivantes ont été plus particulièrement valorisées :

- Les enveloppes de protection fonctionnelles des chemins de câbles à protéger,
- Les enveloppes de soustraction de charge calorifiques,
- Les protections coupe-feu des gaines d'extraction du système CTE.

Les dispositions organisationnelles suivantes ont été valorisées au titre de l'agression incendie :

- les charges calorifiques sont surveillées afin de respecter la sectorisation incendie,
- L'exploitant définit une organisation permettant de gérer les éléments sectorisation incendie.

2.2.8.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) de la station de pompage sont réalisées selon les principes définis au [§ 2.1.3.](#)

2.2.8.4.1. Synthèse des analyses

En station de pompage, un incendie conduit au plus à la perte d'une seule redondance de systèmes F1 grâce à la conception des bâtiments en volumes de feu de sûreté indépendant protégeant chacun une division. En cas d'utilisation de la banalisation SEC sur les deux trains SEC, il est démontré qu'un incendie dans une autre division de la station de pompage ne conduit pas à la perte de plus d'une redondance F1.

Nota : le cas particulier où la banalisation SEC est initialement en service (un train CFI indisponible pour maintenance, deux trains SEC alimentés par un même train CFI) reste couvert par l'analyse générique car dans ce mode de fonctionnement particulier, aucune maintenance préventive sur un autre train SEC ou CFI n'est autorisée

Des câbles alimentant plusieurs divisions sont toutefois présents dans un même volume de feu de sûreté. Les dispositions présentées au § 2.1.1.4.2 permettent de dédouaner ces modes communs.

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 (« Perte d'un train PTR en état F » (cf. section 15.2.3s), « Perte d'un train PTR ou d'un système PTR en état A » (cf. section 15.2.2x), « Perte d'un train RIS-RA en mode RA (états C3, D) » (cf. section 15.2.2w). Par ailleurs, la perte d'une pompe de circulation CRF lorsque la seconde est à l'arrêt peut conduire à l'événement PCC-2 « Perte du vide au condenseur » (cf. section 15.2.2g).

Les parades identifiées au paragraphe 2.1.1.4.2 permettent d'assurer que les transitoires éventuellement induits par un incendie entraînant la perte d'un train PTR sont couverts par les études des événements PCC. Pour les autres transitoires générés, un nombre suffisant de systèmes restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche sans valorisation de parades particulières.

D'autre part, les deux trains SRU, support du système EVU, sont dans des volumes de feu de sûreté distincts. Par conséquent, un incendie en station de pompage au-delà de 15 jours suivant l'initiateur d'une situation RRC-A ou d'accident grave ne remet pas en cause le maintien de l'état final ou la prévention des rejets importants car un seul train SRU est valorisé au-delà de 15 jours.

Par conséquent, un incendie en station de pompage ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

Nota : il n'a pas été nécessaire d'appliquer la méthode ARI (étape 3) comme défini au [§ 2.1.3.2.](#)

2.2.8.4.2. Dispositions valorisées

Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin de garantir que les transitoires éventuellement induits par un incendie sont couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associés à chacun des communs. De plus, la mise en place d'enrubannage fonctionnel est valorisée ainsi que la mise en place d'un muret sur la toiture de la station de pompage permettant d'éviter la propagation d'un incendie vers deux redondances de systèmes F1.

2.2.9. OUVRAGE DE REJET

2.2.9.1. Spécificités du bâtiment

L'ouvrage de rejet est décrit dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2. L'ouvrage est composé de deux parties :

- La partie rejet HCA,
- La partie pré-rejet HCB.

La partie rejet (HCA) est à ciel ouvert et collecte les eaux issues des circuits CRF, SEC, SRU et SEN pour leurs évacuations en mer via la galerie de rejet.

La partie pré-rejet (HCB) comprend en sous-sol deux voies abritant chacune une redondance de fonctions F1 participant à la fonction de sûreté refroidissement de la piscine combustible (système JAC) ainsi qu'une partie en extérieur où transitent les eaux et débris issus du lavage des filtres et des grilles de la station de pompage. Cette seconde partie ne comporte pas de matériels F1.

Les circuits localisés dans HCB ne conduisent à aucun transitoire chaudière en cas de défaillance.

La prise en compte d'un incendie indépendant en phase long terme des situations RRC-A conduit également à analyser le système ASG permettant la ré-alimentation des bâches principales ASG par les réserves d'eau JAC.

Dans l'ouvrage de rejet, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans les locaux à risques PFG. Ces locaux contiennent une quantité importante de câbles.

2.2.9.2. Sectorisation

□

2.2.9.3. Justification de la sectorisation

2.2.9.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Les études de justification de la sectorisation (EPRESSI) de l'ouvrage de rejet sont réalisées selon les principes définis en [§ 2.1.2.](#)

Pour l'ensemble des scénarios concernés, des modélisations sont réalisées afin d'obtenir la courbe de feu la plus enveloppe pour chaque local étudié. Ces courbes de feu des locaux sont ensuite comparées aux courbes de performances des différents éléments de sectorisation présents au sein des volumes de feu concernés.

Les courbes de feu ont été établies pour tous les locaux contenus dans l'ouvrage de rejet hormis :

- Les locaux caractérisés « ni PFL, ni PFG » lorsqu'ils ne sont pas ouverts sur un local à critère PFL ou PFG,
- Les locaux hors volume de feu de sûreté.

Les études de justifications de la sectorisation de l'ouvrage de rejet s'appuient principalement sur l'absence de charge calorifique significative dans les locaux caractérisés « ni PFL, ni PFG ».

L'étude de vérification de la performance des éléments de sectorisation permet de confirmer la robustesse des volumes de feu de sûreté.

Locaux hors volume de feu de sûreté

Les locaux situés dans la partie pré-rejet du bâtiment hors des SFS sont les seuls locaux de l'ouvrage de rejet à contenir des risques PFG. Contrairement aux autres risques PFG pour lesquels un système d'aspersion a été installé, ces locaux ne sont pas munis d'un système automatique d'aspersion de type sprinkler, des soustracteurs de charge calorifique ont été installés afin de réduire le risque incendie à un critère « ni PFL ni PFG », pour ceux à risque PFG « câble »,

La plateforme de manutention située à l'air libre est le seul local à critère PGF « liquide » dû à la présence d'un pont roulant. La charge calorifique apportée par le pont est considéré non mobilisable. Des analyses de risque incendie ont démontré l'absence d'impact sur la sûreté en cas de mobilisation de la quantité totale de combustible du pont roulant lors d'un incendie.

2.2.9.3.2. Justification des Zones de feu de sûreté

L'ouvrage de rejet ne contient pas de Zones de feu de sûreté.

2.2.9.3.3. Dispositions valorisées

Les dispositions générales présentées au § 2.1.2.2. ont été valorisées dans les études incendie. Pour ce bâtiment, les dispositions matérielles suivantes ont été plus particulièrement valorisées :

- Les enveloppes de protection fonctionnelles des chemins de câbles à protéger,
- Les enveloppes de soustraction de charges calorifiques,
- Les clapets coupe-feu du système DVP en frontière de volume de feu de sûreté,
- Les fonctions de fermeture automatique, sur détection incendie JDT, de clapet coupe-feu.

Les dispositions organisationnelles suivantes ont été valorisées au titre de l'agression incendie :

- Les charges calorifiques sont surveillées afin de respecter la sectorisation incendie,
- L'exploitant définit une organisation permettant de gérer les éléments sectorisation incendie.

2.2.9.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) de l'ouvrage de rejet sont réalisées selon les principes définis au § 2.1.3.

2.2.9.4.1. Synthèse des analyses

Dans HCB, la perte des systèmes localisés ne conduit à aucun transitoire chaudière.

La séparation du système JAC en deux voies de sûreté indépendantes (constituée chacune de deux pompes redondantes) permet d'éviter la perte de la fonction en cas d'incendie dans le bâtiment. Quelques matériels supports (DVP) et des câbles alimentant ces deux voies sont toutefois présents dans le SFA commun au bâtiment. La mise en place des dispositions présentées au paragraphe 2.1.2.4.2 permet d'éviter la perte des deux voies redondantes. Un incendie dans HCB ne remet donc pas en cause le repli en état sûr pour toute situation PCC2 à 4 ayant lieu simultanément de façon indépendante.

Le système ASG n'est pas requis pour le maintien de l'état final au-delà de 15 jours. Un incendie n'atteint toutefois pas les deux redondances du système.

Dans HCA, dans la partie rejet SEC, un incendie ne conduit à aucun risque de perte de fonctions F1 potentiellement engendrées par la perte d'équipements redondants en valorisant les dispositions présentées au paragraphe 2.1.2.4.2. Le repli et le maintien en état sûr en cas d'incendie dans HCA cumulé à une situation PCC 2 à 4 indépendante est donc assuré. De même, un train SRU reste disponible en cas d'incendie dans HCA. Un incendie dans HCA n'entraîne donc pas la perte de

fonctions F2 nécessaires au-delà de 15 jours suivant l'initiateur pour maintenir l'état final ou pour prévenir les rejets en cas d'accident grave.

2.2.9.4.2. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées sont celles déjà énumérées au [§ 2.1.3.5.](#)

En complément, la mise en place d'un muret sur la toiture de l'ouvrage HCB permet d'éviter la propagation d'un incendie vers deux redondances de systèmes F1.

2.2.10. GALERIES CLASSEES

2.2.10.1. Spécificités du bâtiment

Les galeries classées sont décrites dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2.

Les galeries classées permettent la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU ainsi que l'acheminement du circuit JAC et ASG pour alimenter l'îlot nucléaire.

Dans les galeries le risque potentiel d'incendie est uniquement lié à des risques PFG générés par la présence de câbles.

2.2.10.2. Sectorisation

□

2.2.10.3. Justification de la sectorisation

2.2.10.3.1. Synthèse des études EPRESSI

Aucune courbe de feu n'a été réalisée puisque toutes les galeries sont munis d'un système d'aspersion fixe et automatique de type sprinkler classé F2.

2.2.10.3.2. Justification des Zones de feu de sûreté

Chaque zone de feu de sûreté présente une ouverture située au niveau de l'interface avec la zone de feu de sûreté de la division correspondante de la station de pompage. Le risque de propagation d'un incendie par ces ouvertures n'est pas écarté cependant il ne présente aucun impact vis-à-vis de la sûreté.

2.2.10.3.3. Dispositions valorisées

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.2.2.](#) ont été valorisées dans les études incendie. Pour ce bâtiment, les dispositions matérielles suivantes ont été plus particulièrement valorisées:

- Les clapets coupe-feu du système DVP.

Les dispositions organisationnelles suivantes ont été valorisées au titre de l'agression incendie :

- Les charges calorifiques sont surveillées afin de respecter la sectorisation incendie,
- L'exploitant définit une organisation permettant de gérer les éléments sectorisation incendie.

2.2.10.4. Analyse de vulnérabilité

Les analyses de vulnérabilité (étude de modes communs) des galeries classées sont réalisées selon les principes définis au [§ 2.1.3.](#)

2.2.10.4.1. Synthèse des analyses

Dans les galeries classées, un incendie conduit au plus à la perte d'une seule redondance de systèmes F1 grâce à la conception des galeries en volume de feu de sûreté indépendant protégeant chacun une division.

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 « Perte d'un train PTR en état F » (cf. section 15.2.3s), « Perte d'un train PTR ou d'un système PTR en état A » (cf. section 15.2.2x), « Perte d'un train RIS-RA en mode RA (états C3, D) » (cf. section 15.2.2w).

Les parades identifiées au paragraphe 2.1.3.4.2 permettent d'assurer que les transitoires éventuellement induits par un incendie entraînant la perte d'un train PTR sont couverts par les études des événements PCC. Pour les autres transitoires générés, un nombre suffisant de systèmes restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche sans valorisation de parades particulières.

D'autre part, les deux trains SRU, support du système EVU, sont dans des volumes de feu de sûreté distincts. Par conséquent, un incendie dans les galeries classées au-delà de 15 jours suivant l'initiateur d'une situation RRC-A ou d'accident grave ne remet pas en cause le maintien de l'état final ou la prévention des rejets importants car un seul train SRU est valorisé au-delà de 15 jours.

Par conséquent, un incendie dans les galeries classées ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.2.10.4.2. Dispositions valorisées

Les dispositions valorisées sont celles déjà énumérées au [§ 2.1.3.5.](#)

2.2.11. SALLE DES MACHINES (SDM)

2.2.11.1. Spécificités du bâtiment

La Salle des machines est décrite dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2.

Dans la salle des machines, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans les locaux à risques PFG. Ces locaux contiennent une quantité importante d'huile, et de câbles.

2.2.11.2. Sectorisation

□. En fonction des principaux risques identifiés, il a été créé des Volumes de Feu d'Indisponibilité afin d'éviter la propagation d'un incendie à l'ensemble de la Salle des Machines.

La Salle des Machines est composée :

□

2.2.12. BÂTIMENT ÉLECTRIQUE NON CLASSÉ (BLNC)

2.2.12.1. Spécificités du bâtiment

Le bâtiment électrique non classé est décrit dans le paragraphe 3.3. de la section 1.2.3.2.

Dans le bâtiment électrique non classé, le risque potentiel d'incendie est principalement situé dans les locaux □.

2.2.12.2. Sectorisation

□. Il est cependant divisé en deux parties qui assurent une séparation physique entre les installations et des matériels électriques associés aux trains 1/3 d'une part et aux trains 2/4 d'autre part.

Le bâtiment électrique non classé est composé :

□

2.2.13. Conclusion

Les études d'agression incendie montrent que les objectifs de sûreté présentés dans le [§ 0.1.](#) sont atteints.

2.3. ANALYSES COMPLEMENTAIRES

Des analyses de risque incendie sont réalisées sur l'IN afin de vérifier qu'un incendie n'est pas susceptible de générer des fuites sur des tuyauteries véhiculant des effluents hydrogénés (pouvant conduire à la génération de jets enflammés). Ces études permettent d'écarter le risque de génération de jet enflammé dans l'ensemble des ouvrages de l'IN.

Les études incendie menées sur l'IC&BOP ont démontré que l'agression par incendie conduisant à des fuites sur des tuyauteries véhiculant des effluents hydrogénés ne génèrent pas de mode commun.

Les bâtiments de l'IN et l'IC&BOP présentent des câbles non classés C1. Des études incendie justifient que le risque incendie lié à ces câbles est maîtrisé et que leur présence ne génère pas de mode commun incendie.

LISTE DES REFERENCES

- [1]** D305916019722 ind.B – EPR Technical code for fire protection (ETC-F version H)
- [2]** Arrêté modifié du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (dit « arrêté INB »)
- [3]** FA3-DITSNE-2019-FR-0031 B – EPR FA3 - Note support à la DMRI générique
- [4]** D305214042899 B – EPR FA3 - Station de Pompage (SDP), ouvrage de rejet (ODR) et galeries techniques classées de l'EPR FA3 – Note de synthèse de l'analyse de vulnérabilité (modes communs) vis-à-vis du risque incendie
- [5]** D305217006787 ind B – Justification vis-à-vis du risque incendie – Station de Pompage, ouvrage de rejet et galeries techniques classées de l'EPR Flamanville
- [6]** FA3-DITSNE-2018-FR-0112 C – Mise à jour des analyses fonctionnelles des modes communs « câble » version DMES Autorisation
- [7]** D305215080089 A – EPR FA3 – Analyse des modes communs de câblage pour l'agression incendie dans les bâtiments classés de l'îlot conventionnel
- [8]** D305117002784 F – Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

SOMMAIRE

.3.4.8 INONDATION INTERNE	4
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	4
0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES	4
0.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES	4
0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	4
1. BASES DE CONCEPTION	4
1.1. INONDATION ET CONSÉQUENCES	4
1.2. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES	5
1.2.1. PRÉCISIONS CONCERNANT LES INITIATEURS	5
1.2.2. DURÉE DE RELÂCHEMENT	5
1.2.3. MASSES D'EAU RELÂCHÉES	5
1.2.4. INONDATION INDUITE PAR LE FOUETTEMENT EN CAS DE RTHE	6
1.2.5. CONSIDÉRATIONS D'INSTALLATION	6
1.3. RÈGLES D'INSTALLATION	6
1.3.1. INONDATION INITIÉES DANS DES BÂTIMENTS DE CATÉGORIE 1 (EXCEPTÉS BAN, BTE)	6
1.3.2. INONDATION INITIÉES DANS LE BAN, LE BTE OU DANS DES BÂTIMENTS NON CLASSÉS SÛRETÉ	7
1.4. CUMULS	7
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	7
2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR	8
2.1.1. INITIATEURS ET SCÉNARIIS CONSIDÉRÉS	8
2.1.2. MODE DE DÉGRADATION ET NATURE DES CIBLES	8
2.1.3. MODÉLISATION DU PHÉNOMÈNE	8
2.1.4. DISPOSITIONS VALORISÉES DANS LES ÉTUDES D'INONDATION INTERNE	9
2.2. BÂTIMENT RÉACTEUR	10
2.2.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	10
2.2.2. CIBLES	10
2.2.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	10

2.2.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	11
2.2.5. PARADES SPÉCIFIQUES	12
2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	12
2.3.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	12
2.3.2. CIBLES	13
2.3.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	13
2.3.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	13
2.3.5. PARADES SPÉCIFIQUES	14
2.4. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE ET ÉLECTRIQUES	15
2.4.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	15
2.4.2. CIBLES	15
2.4.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	15
2.4.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	16
2.4.5. PARADES SPÉCIFIQUES	17
2.5. BÂTIMENTS DIESELS	17
2.5.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	17
2.5.2. CIBLES	18
2.5.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	18
2.5.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	18
2.5.5. PARADES SPÉCIFIQUES	18
2.6. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	19
2.6.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	19
2.6.2. CIBLES	19
2.6.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	19
2.6.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	20
2.6.5. PARADES SPÉCIFIQUES	20
2.7. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	20
2.7.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	20
2.7.2. CIBLES	21
2.7.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	21
2.7.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	21
2.7.5. PARADES SPÉCIFIQUES	21
2.8. STATION DE POMPAGE ET GALERIES CLASSEES	22

2.8.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	22
2.8.2. CIBLES	22
2.8.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	22
2.8.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	23
2.8.5. PARADES SPÉCIFIQUES	23
2.9. OUVRAGE DE REJET, PARTIE REJET (HCA)	24
2.9.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	24
2.9.2. CIBLES	24
2.9.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	24
2.9.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	25
2.9.5. PARADES SPÉCIFIQUES	25
2.10. OUVRAGE DE REJET, PARTIE PRÉ-REJET (HCB)	25
2.10.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT	25
2.10.2. CIBLES	26
2.10.3. INITIATEURS ET STRATÉGIE DE GESTION DE L'AGRESSION	26
2.10.4. ANALYSES FONCTIONNELLES	26
2.10.5. PARADES SPÉCIFIQUES	26
LISTE DES REFERENCES.	28

.3.4.8 INONDATION INTERNE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. IDENTIFICATION DES RISQUES

L'inondation interne peut endommager des équipements ou des structures de génie civil, ou empêcher le bon fonctionnement d'équipements.

Les initiateurs potentiels d'inondation suivants doivent être considérés :

- Défaillances dans les équipements sous pression,
- Erreur de lignage,
- Inondation par de l'eau arrivant de bâtiments voisins,
- Démarrage intempestif du système de lutte contre l'incendie, utilisation d'équipements mobiles de lutte contre l'incendie,
- Remplissage excessif de réservoirs,
- Conséquences des défaillances des dispositifs d'isolement.

0.2. EXIGENCES DÉTERMINISTES

L'approche principale de la protection contre l'inondation interne est essentiellement déterministe.

Selon l'approche déterministe :

- Tous les initiateurs mentionnés ci-dessus doivent être considérés, mais un seul d'entre eux est censé se produire au même moment, sauf si deux d'entre eux ou plus ont une cause commune identifiée,
- L'inondation est considérée se produire pendant le fonctionnement normal de la tranche (pendant le fonctionnement en puissance ou pendant l'arrêt).

L'objectif de l'approche déterministe est donné à la section 3.4.0.

La rétention des fluides contaminés à l'intérieur des bâtiments ou des structures doit empêcher toute pollution de la nappe phréatique en cas d'inondation interne.

0.3. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

- Directives Techniques. Le paragraphe F1.2.2 concerne les inondations internes.
- Arrêté INB du 7 février 2012. L'article 3.5 liste les inondations parmi les agressions internes à considérer dans la démonstration de sûreté.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. INONDATION ET CONSÉQUENCES

Les équipements ou les structures susceptibles d'être défaillants en cas d'inondation sont :

- Tous les équipements électriques, instrumentation et contrôle commande, exceptés les câbles dont les extrémités ne sont pas noyées et les autres équipements étanches à l'eau,
- Certaines parties des structures de génie civil, si elles ne peuvent pas résister à la pression ou à la température de l'inondation,

- Tous les équipements mécaniques non étanches à l'eau.

1.2. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES

1.2.1. PRÉCISIONS CONCERNANT LES INITIATEURS

Des précisions concernant les initiateurs potentiels listés au § 0.1. sont données ci-après :

- Inondation provoquée par des défaillances dans les équipements sous pression.
Les hypothèses de défaillance sont décrites aux sections 3.4.2 et 3.4.3. L'inondation induite par le fouettement d'une tuyauterie haute énergie après sa rupture est précisée au § 1.2.4.
La configuration correspondant à une situation de type « VANDELLOS » avec rupture partielle d'une manchette CRF est traitée en tant qu'inondation externe potentielle.
- Erreur de lignage.
En général, l'inondation par erreur de lignage sera évitée en suivant les règles d'exploitation. Néanmoins, ces sources potentielles seront analysées en tenant compte de l'expérience opérationnelle des tranches existantes.
- Inondation par de l'eau arrivant de bâtiments voisins.
Cette source potentielle d'inondation sera dans la mesure du possible évitée par des mesures de découplage à la conception, de façon à empêcher l'inondation indirecte dans des bâtiments classés sûreté.
- Démarrage intempestif du système de lutte contre l'incendie.
Il doit être considéré dans l'analyse de l'inondation. Les effets de l'inondation provoqués par des moyens mobiles de lutte contre l'incendie doivent être évalués.
- Remplissage excessif de réservoirs.
Il doit être considéré pour la conception des dispositifs et équipements tels que les mesures de niveau, les puisards, les organes d'isolement et les trop-pleins.
- Conséquences des défaillances des dispositifs d'isolement.
Un isolement double doit être prévu, si nécessaire.

1.2.2. DURÉE DE RELÂCHEMENT

Les approches suivantes concernant la durée de relâchement doivent s'appliquer :

- Si la défaillance à l'origine de l'inondation peut être détectée par les systèmes d'instrumentation et de contrôle commande et si un isolement automatique est prévu, la durée de relâchement comprend le temps jusqu'à la détection et la durée de l'isolement automatique.
- Si la défaillance à l'origine de l'inondation peut être détectée par des signaux / alarmes dans la salle de commande principale et si un isolement par des actions manuelles en salle de commande principale est prévu, la durée de relâchement comprend le temps jusqu'à la première alarme dans la salle de commande et le délai de grâce de 30 minutes dédié aux actions en salle de commande principale.
- Si la défaillance à l'origine de l'inondation peut être détectée par des signaux / alarmes dans la salle de commande principale et si un isolement est prévu, la durée de relâchement comprend le temps jusqu'à la première alarme dans la salle de commande et le temps imparti au personnel pour effectuer , par exemple, l'isolement manuel d'une vanne. On suppose que le temps imparti est de 1 heure.
- Si la défaillance à l'origine de l'inondation ne peut pas être détectée ou si un isolement n'est pas possible, le relâchement de l'intégralité de l'inventaire en eau est considéré, si l'écoulement n'est pas limité d'une autre façon.

1.2.3. MASSES D'EAU RELÂCHÉES

Si l'isolement de la défaillance est considéré, seule la masse d'eau relâchée au cours du délai de grâce est considérée. Le contenu de la partie non isolable, qui sera également vidangée, est négligé.

Pour l'évaluation approximative des débits, la pression opérationnelle maximale du circuit est généralement considérée.

Les capacités d'alimentation appropriées des pompes (y compris les flux d'injection d'autres systèmes) sont considérées.

Pour les études d'inondation en cas de fuite ou rupture de tuyauterie haute énergie, la vapeur relâchée est considérée comme étant complètement condensée (approche conservatrice vis-à-vis des volumes d'eau déversés).

1.2.4. INONDATION INDUITE PAR LE FOUETTEMENT EN CAS DE RTHE

En cas de RTHE, la tuyauterie haute énergie défaillante est susceptible d'agresser d'autres tuyauteries en eau par fouettement (voir section 3.4.2). Elle peut alors générer des sources induites et additionnelles d'inondation, en termes de volume d'eau par rapport à la RTHE initiatrice, par les défaillances potentielles des tuyauteries agressées.

L'étude de la RTHE réalisée au titre de la section 3.4.2 du RDS considère, au niveau fonctionnel, la perte de la fonction assurée par la tuyauterie haute énergie ruptée ainsi que potentiellement l'ensemble des systèmes, structures et composants impactés par le fouettement.

L'étude de l'inondation interne due à la RTHE initiatrice est réalisée selon les règles de la section 3.4.8 et de la section 3.4.0 avec notamment l'application d'une défaillance aléatoire dans le scénario.

Le fouettement de la THE est pris en compte en complément en considérant un volume d'eau additionnel dû à la défaillance induite par fouettement la plus pénalisante. Parmi toutes les tuyauteries potentiellement impactées par le fouettement, la défaillance induite est retenue sur la tuyauterie générant le volume de fluide le plus pénalisant, en considérant en première approche, un délai conventionnel d'écoulement d'une heure. Le cas échéant, une approche réaliste pourra être mise en œuvre.

1.2.5. CONSIDÉRATIONS D'INSTALLATION

L'eau peut s'écouler vers les niveaux inférieurs par l'intermédiaire des cages d'escalier, des gaines d'ascenseur, du système de drainage du bâtiment ou d'autres ouvertures.

On suppose que le niveau d'eau est également distribué dans toutes les zones intéressées, au niveau le plus bas. Le fait que le niveau puisse être plus élevé dans le local où l'eau est relâchée en cas de fort débit n'est à prendre en compte que dans les cas où des équipements à protéger sont situés dans ce local.

En général, les portes ne sont pas étanches à l'eau, sauf spécification particulière.

Les seuils et les socles pour les équipements classés sûreté existants sont pris en considération.

1.3. RÈGLES D'INSTALLATION

Les règles générales de la section 3.4.1 s'appliquent pour l'inondation interne. En complément, les paragraphes qui suivent précisent les dispositions plus spécifiques liées à la protection contre l'inondation interne.

Quand une règle d'installation ne peut être appliquée, une analyse fonctionnelle est menée pour s'assurer de l'atteinte des objectifs de sûreté.

1.3.1. INONDATION INITIÉES DANS DES BÂTIMENTS DE CATÉGORIE 1 (EXCEPTÉS BAN, BTE)

Les ouvrages de génie-civil classés C1 sont listés dans le tableau 3.2.2 TAB 5.

Dans les bâtiments qui sont scindés en divisions, la perte complète d'une division n'empêche pas la réalisation des fonctions de sûreté. Ainsi, la mesure principale est d'assurer qu'aucune inondation

interne ne peut s'étendre dans un autre bâtiment classé sûreté ou une autre division classée sûreté. Mais certaines mesures supplémentaires autres peuvent être nécessaires, par exemple :

- Isolement des vannes des puisards du RIS en cas de défaillances de tuyauterie du RIS, afin de protéger l'inventaire en eau de l'IRWST,
- Protection de la salle de commande principale contre l'inondation provenant du système d'eau réfrigérée (DEL) situé au-dessus.

Dans les autres bâtiments on doit s'assurer qu'aucune inondation ne peut entraîner une défaillance de plus d'une redondance des systèmes F1 (y compris systèmes supports). Si nécessaire, des mesures palliatives doivent être prises, comme :

- La construction de cloisons de séparation entre la section redondante du système dans des zones non divisionnaires,
- L'installation de composants à des altitudes plus élevées,
- La réduction du niveau d'inondation grâce à des mesures adéquates.

1.3.2. INONDATION INITIÉES DANS LE BAN, LE BTE OU DANS DES BÂTIMENTS NON CLASSÉS SÛRETÉ

En cas d'inondation interne dans le BAN, le BTE ou dans les bâtiments non classés sûreté C1 reliés par des galeries aux bâtiments classés sûreté C1 mentionnés ci-dessus et abritant des équipements remplissant des fonctions F1, l'eau ne doit pas passer dans ces derniers dans la mesure du possible.

1.4. CUMULS

Les règles générales applicables pour l'inventaire des cumuls des agressions internes et externes sont décrites à la section 3.4.0.

Les cumuls potentiels de l'agression inondation interne sont considérés avec les agressions suivantes :

- Séisme (y compris « séisme événement » qui couvre les impacts indirects) : un séisme peut conduire à la défaillance d'équipements contenant de l'eau. Les analyses correspondantes sont présentées dans la section 3.3.2.
- Défaillances des équipements mécaniques : l'inondation est associée à la défaillance d'un composant mécanique contenant de l'eau (les défaillances de tuyauteries sont traitées dans la section 3.4.2 et les défaillances des réservoirs, des pompes et des vannes sont traitées dans la section 3.4.3). Ces cumuls sont analysés dans la présente section. Dans le cas d'une rupture de tuyauterie Haute Energie, un volume d'eau additionnel dû à la défaillance induite par fouettement la plus pénalisante est considéré (voir [§ 1.2.4.](#)).

Aucun cumul indépendant d'agression externe ou interne, ou d'un événement initiateur (PCC), avec une inondation interne, n'est considéré.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

L'analyse de sûreté de l'inondation interne est la démonstration déterministe que la tranche a une protection acceptable contre un tel risque, c'est-à-dire que les objectifs de sûreté, définis dans la section 3.4.0 et le [§ 0.](#) de la présente section, sont atteints.

Cette démonstration est effectuée pour chaque bâtiment classé de sûreté.

2.1. BÂTIMENT RÉACTEUR

2.1.1. Initiateurs et scénarii considérés

L'inondation interne peut être provoquée par les initiateurs présentés dans le [§ 0.1.](#) et précisés dans le [§ 1.2.1.](#)

L'inondation provoquée par des défaillances dans les équipements sous pression est étudiée suivant les hypothèses définies aux sections 3.4.2 et 3.4.3 et précisées au [§ 1.2.4.](#) de la présente section. Compte-tenu des dispositions d'installation prises à la conception de l'EPR, la prise en compte de l'expérience opérationnelle des tranches existantes confirme que les erreurs de lignage pouvant conduire à une inondation sont couvertes par l'étude des défaillances de tuyauteries.

L'inondation par de l'eau arrivant de bâtiments voisins est en général évitée par des dispositions de prévention de propagation de l'inondation entre bâtiments (interface étanche). Les études de vérification permettent de s'assurer du bon dimensionnement de ces dispositions. Dans le cas contraire, les scénarii de propagation d'une inondation d'un bâtiment à un autre sont étudiés.

Les inondations induites par le démarrage intempestif du système de lutte contre l'incendie ou l'utilisation d'équipements mobiles de lutte contre l'incendie est couverte par la prise en compte de défaillances des tuyauteries des systèmes de lutte contre l'incendie.

Le remplissage excessif de réservoirs est généralement évité par des mesures prises à la conception (voir [§ 1.2.1.](#)), de plus le débordement des puisards induit par une inondation interne est pris en compte dans les études.

Les conséquences des défaillances des dispositifs d'isolement ou de détection sont prises en compte par l'application de la défaillance aléatoire (voir paragraphe 2.3 de la section 3.4.0).

En conséquence, dans la présente section les conséquences d'une inondation interne sont évaluées dans chaque bâtiment, pour les types d'initiateurs suivants :

- inondation interne défaillance simple de tuyauterie (suivant les hypothèses de la section 3.4.2),
- inondation interne résultant d'un événement de type PCC-3/4 ou RRC-A (tels que définis dans les sous-chapitres 15.2 et 19.1),
- inondation interne induite par rupture de tuyauterie Haute Energie (RTHE) (Cf. [§ 1.2.4.](#) de la présente section).

2.1.2. Mode de dégradation et nature des cibles

L'inondation interne peut altérer le fonctionnement des équipements par deux modes d'agression : l'aspersion ou l'immersion par hauteur d'eau.

En général, l'inondation ne remet pas en cause l'intégrité des équipements mécaniques ou électromécaniques, sauf lorsque ces derniers ne sont pas résistants à l'immersion. En pratique le seul cas de perte d'intégrité en cas d'immersion concerne les gaines de ventilation métalliques.

Le [§ 1.1.](#) liste les types d'équipements électriques dont l'opérabilité peut être affectée par l'inondation. Seuls les équipements électriques pour lesquels le niveau de qualification ou l'indice de protection permet d'assurer la protection de l'équipement vis-à-vis du scénario considéré, ainsi que les câbles dont les extrémités ne sont pas noyées n'ont pas été considérés perdus. L'analyse des modes communs relative à l'agression des coffrets électriques fait l'objet d'études spécifiques (cf. [Réf \[4\]](#) à [Réf \[9\]](#)).

2.1.3. Modélisation du phénomène

L'inondation interne est une agression propagative, c'est-à-dire qu'elle n'est pas limitée dans l'espace et qu'elle se propage dans l'installation. L'ensemble des voies de propagation entre les locaux de

l'installation sont considérées dès lors qu'elles sont immergées et qu'elles ne portent pas de requis d'étanchéité.

Une inondation est postulée dans chaque zone inondable et les systèmes initiateurs sont identifiés conformément au § 0. Les conséquences de l'inondation sont évaluées pour un initiateur enveloppe en utilisant les règles d'analyse du paragraphe 3 de la section 3.4.0 et les hypothèses du § 0. de la présente section.

L'objectif recherché dans la gestion de l'inondation interne est de favoriser une propagation rapide de l'inondation vers le fond du bâtiment considéré via les escaliers, les cages d'ascenseurs ou les conduits béton verticaux et de limiter la formation transitoire de hauteur d'eau dans les locaux. L'inondation se propage également en fond de bâtiments par le réseau de collecte via les siphons de sol connectés aux puisards. Si l'inondation considérée conduit au remplissage des puisards, leurs débordements dans les locaux auxquels ils sont connectés sont également modélisés.

Des hypothèses pénalisantes pour la propagation rapide de l'inondation vers le fond de bâtiment sont retenues. Il s'agit donc d'hypothèses qui tendent à minimiser l'efficacité des moyens d'évacuation de l'eau, en particulier la prise en compte de perte de charge pour les moyens d'évacuation ou l'utilisation de débit d'évacuation pénalisés.

2.1.4. Dispositions valorisées dans les études d'inondation interne

La tenue des éléments du génie civil principal assurant le confinement, la séparation en divisions et la protection de redondances F1 au sein d'une même division, vis-à-vis du chargement correspondant aux hauteurs d'eau maximales atteintes en cas d'inondation interne est vérifiée (cf. Réf [3]). De même, il est vérifié que les éléments de génie civil secondaire (calfeutrement de trémies, portes, joints, ...) assurant l'étanchéité portent un requis de tenue correspondant à la hauteur d'eau maximale en cas d'inondation interne.

Les éléments d'installation suivants ont été pris en compte pour la propagation de l'inondation interne dès lors qu'ils n'ont pas de requis d'étanchéité à l'eau et que la propagation constitue le scénario pénalisant :

- les portes,
- les trappes,
- les trémies et les ouvertures,
- les gaines de ventilation métallique (en l'absence d'ouvertures, les gaines béton sont étanches à l'eau),
- les bouches de ventilation.

Afin d'améliorer l'efficacité de l'évacuation de l'eau dans certains locaux, les éléments précédents peuvent faire l'objet de caractéristiques spécifiques telles que :

□

De plus, les dispositions suivantes permettent de prévenir et mitiger les conséquences d'une inondation interne :

□

Les équipements passifs statiques valorisés dans les études sont identifiés comme « autre EIPS » et qualifiés en fonction de leur rôle.

Les dispositions actives suivantes, appelées Disposition Agressions, sont valorisées :

- Fonctions d'isolement des systèmes fluides. Ces isollements sont assurés par au moins 2 organes redondants et classés au moins F2-Opérables.

- Fonctions de détection de l'inondation dans l'installation : la propagation de l'inondation interne des siphons de sol jusqu'au puisard des systèmes de collecte permet une détection de l'inondation grâce à l'information de niveau des puisards, ou de niveau IRWST. Les mesures de niveaux sont assurées par au moins 2 capteurs redondants classés au moins F2-Opérables.
- Fonction de détection de l'inondation sur un système : pour certains systèmes, une fonction de détection spécifique permet de détecter une brèche sur le circuit. Cela permet la détection de l'inondation et le diagnostic de l'initiateur. Les équipements ou information valorisés sont redondants et classés au moins F2-Opérables.

De plus il est vérifié dans les études détaillées que les équipements valorisés restent accessibles (en cas d'action manuelle en local) et fonctionnels en cas d'inondation interne.

2.2. BÂTIMENT RÉACTEUR

2.2.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment réacteur (BR) est constitué de deux corps de bâtiments, HRA et HRB.

Le corps de bâtiment HRA est délimité par la voile interne de l'enceinte de confinement. L'architecture du HRA vise à favoriser l'écoulement de l'eau vers l'IRWST en fond de bâtiment en limitant les zones de rétention.

Le corps de bâtiment HRB constitue l'espace entre enceintes. Les planchers du HRB sont constitués de caillebotis, l'inondation s'écoule donc sans formation de hauteur d'eau transitoire, jusqu'en fond de bâtiment.

Ce bâtiment présente des locaux symétriques pour chacune des boucles primaires, abritant les trains redondants des circuits primaires et secondaires.

2.2.2. Cibles

Le BR contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ARE, APG, RCP, PTR, RBS, RCV, RIS et leurs supports DEL, EVU, RRI. Il contient également des équipements dont l'agression par inondation interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes RCP ou RCV.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite ou rupture sur les systèmes PTR, RCP et VVP.

Outre les objectifs généraux pour l'ensemble des bâtiments présentés dans la section 3.4.0, les études d'inondation interne dans le BR visent également à démontrer :

- le confinement de l'inondation à un seul corps de bâtiment (HRA ou HRB),
- l'absence de propagation de l'inondation au canal de décharge du corium et à la chambre d'étalement.

2.2.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans le bâtiment réacteur sont des initiateurs potentiels d'inondation. Les portions de circuits à exclusion de rupture (cf. section 3.4.2.3) sont exclues des initiateurs potentiels du BR, il s'agit :

- des tuyauteries principales du circuit primaire RCP, à l'exclusion de tout piquage ou ligne connectée,
- des tuyauteries principales du circuit secondaire vapeur VVP, du générateur de vapeur jusqu'à l'extérieur du BR.

Dans le cas d'inondation simple défaillance, les initiateurs correspondant aux cas majorants d'inondation interne sont les systèmes JPI et SED dans le HRB, ainsi que ASG, PTR, RCP, RCV, RIS et SED dans le HRA.

Les études [Réf \[1\]](#) montrent que les tuyauteries Haute Energie du HRB ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance. La rupture de tuyauterie RCV Haute Energie et la dégradation d'une tuyauterie induite peut conduire à des relâchements d'eau dans le HRA supérieurs au cas majorants d'inondation simple défaillance.

L'analyse de sûreté du risque d'inondation interne dans le BR (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) démontre que l'installation permet le cheminement de l'eau vers les niveaux bas du bâtiment, et de la contenir sans risque de transfert vers un autre bâtiment ou au canal de décharge du corium et à la chambre d'étalement.

La stratégie de gestion de l'inondation dans le BR se décompose en une détection, si possible une identification et un isolement du système fuyard et à défaut des isollements préventifs. Pour certains systèmes contenant un volume limité de fluide, aucun isolement n'est nécessaire. En l'absence de détection spécifique au système rupté (pour certains initiateurs de transitoires accidentels), la détection de l'inondation est effectuée pour chaque corps de bâtiment (HRA et HRB).

Dans le BR, les événements PCC constituant des initiateurs d'inondation interne ont été étudiés. Les conséquences de l'inondation interne résultant d'un scénario de type RRC-A ont également été évaluées. Pour l'ensemble de ces situations initiatrices, l'inondation induite ne doit pas remettre en cause la gestion des transitoires.

Les transitoires PCC (cf. sous-chapitre 15.2) et RRC-A (cf. sous-chapitre 19.1) provoquant une inondation interne dans le BR sont les suivants :

- Les accidents de perte de réfrigérant primaire (APRP) – PCC 15.2.3e, PCC 15.2.4f, PCC 15.2.4g,
- La rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – PCC 15.2.3t,
- La rupture de tuyauterie d'eau alimentaire – PCC 15.2.4c,
- La brèche sur le système RIS en mode RRA (< DN 250), à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte (états C, D) – PCC 15.2.4q,
- La petite brèche primaire non isolable (< DN 50) ou brèche isolable sur le système RIS en mode RRA (< DN 250), aspect vidange piscine (état E) – PCC 15.2.4r,
- La perte totale de la source froide conduisant à une brèche aux joints des pompes primaires (état A) – RRC-A 19.1.3Fse.1,
- Le manque de tension généralisé (MDTG) conduisant à la brèche aux joints des pompes primaires (état A) – RRC-A 19.1.3Fse.2,
- L'APRP (< 45 cm²) avec défaillance de l'ISMP (état A) – RRC-A 19.1.3Fsf,
- L'APRP (< 20 cm²) avec défaillance de l'ISBP (état A) – RRC-A 19.1.3Fsg,
- La fuite non isolable d'une tuyauterie sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – RRC-A 19.1.3Fsq.

2.2.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse du cheminement de l'inondation au sein du BR a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant.

Ces études ont montrées (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) que pour tous les scénarii d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE du BR, le risque de perte de fonction de sûreté F1 potentiellement engendrée par la perte d'équipements redondants est écarté. Ces dédouanements se basent principalement sur la séparation géographique des équipements, les propriétés de protection vis-à-vis de l'aspersion des équipements concernés et sur la logique de contrôle-commande associée à la perte de ces équipements.

Les événements de type “PCC-2” suivants peuvent être initiés par inondation simple défaillance ou inondation induite par RTHE :

- Arrêts automatiques du réacteur intempestif en état A,
- Perte intempestive d'une pompe primaire sans AAR partiel,
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation ou une diminution de l'inventaire du circuit primaire.

Les études (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) montrent que l'ensemble de ces événements sont gérables avec les moyens non affectés par l'inondation interne. Elles montrent également qu'aucun transitoire de type PCC-3/4, RRC-A ou Accident Grave n'est initié par une inondation interne dans le BR.

De plus, il est vérifié qu'en cas d'inondation interne simple défaillance ou induite par RTHE, la dilution du bore de l'IRWST potentiellement induite ne remet pas en cause la capacité à replier la tranche ou à gérer l'événement potentiellement initié par l'inondation.

Les études d'inondation générées par un transitoire PCC ou RCC-A (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) montrent que pour chaque scénario analysé, la perte d'équipement par inondation ne remet pas cause la capacité à ramener la tranche en état sûr ou final.

Ainsi, l'identification des matériels perdus par inondation interne montre que les objectifs de sûreté sont atteints dans le BR. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.2.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation interne du BR.

De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation interne dans HRA par atteinte du niveau haut IRWST, et dans le HRB par atteinte du niveau haut des puisards RPE,
- L'isolement préventif des systèmes APG, SED et SNL dans le HRA,
- L'isolement préventif des systèmes PTR, RCV et SED dans le HRB,
- La détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI dans le HRB,
- Les isollements suite à identification de la fuite des systèmes APG, ARE, JPI, RCV, REN, RES et SER,
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une inondation interne soient couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associées à chacun des communs ou des trains RIS.

Les études d'inondation interne du bâtiment réacteur (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) ont permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4.](#) et ci-avant, que la conception du bâtiment réacteur est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE

2.3.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment combustible (BK) est constitué de 2 divisions distinctes (division 1 et division 4). Il contient en division 1, la piscine de désactivation, qui peut être connectée aux piscines du bâtiment réacteur via le tube transfert, et permet l'arrivée du combustible neuf et l'évacuation du combustible utilisé.

2.3.2. Cibles

Le BK contient des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes EBA, RBS, RCV, REA, PTR et leurs supports DEL, DWL, DWK, RRI. Il contient également des équipements dont l'agression par inondation interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC comme les systèmes PTR, RCV, REN ou RRI.

Il contient également des tuyauteries à exclusion de fuite sur le système PTR.

2.3.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans le bâtiment combustible sont des initiateurs potentiels d'inondation. L'inondation induite par la fuite d'une tuyauterie PTR à exclusion de fuite est étudiée au titre de l'inondation résultant d'un transitoire RRC-A (voir ci-après).

Dans le cas d'inondation simple défaillance, les initiateurs correspondant aux cas majorants d'inondation interne dans le BK sont les systèmes JPI, PTR, RCV, REA, RES, RRI et SED.

Les tuyauteries Haute Energie du BK de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance sont situées exclusivement dans les niveaux bas du BK. La rupture de tuyauterie RBS, SED, RCV, REN et RES Haute Energie et la dégradation d'une tuyauterie induite peut conduire à des relâchements d'eau supérieurs au cas majorants d'inondation simple défaillance.

Les études de sûreté du risque d'inondation interne dans le BK (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) démontrent que l'installation permet le cheminement de l'eau de l'inondation vers les niveaux bas (inférieurs à 1 m) du bâtiment, et de la contenir sans risque de transfert d'une division à l'autre ou vers un autre bâtiment.

En l'absence de détection spécifique au système rupté (pour certains initiateurs de transitoires accidentels), la stratégie de gestion de l'inondation dans le BK repose sur :

- la détection de l'inondation dans la division concernée,
- certains isollements préventifs,
- une identification du système affecté (II),
- un isolement du système affecté, si nécessaire.

Dans le BK, les événements PCC constituant des initiateurs d'inondation interne ont été étudiés. Les conséquences de l'inondation interne résultant d'un scénario RRC-A ont également été évaluées. Pour l'ensemble de ces situations initiatrices, l'inondation induite ne doit pas remettre en cause la gestion des transitoires.

Les transitoires PCC (cf. sous-chapitre 15.2) et RCC-A (cf. sous-chapitre 19.1) provoquant une inondation interne dans le BK sont les suivants :

- La rupture d'une ligne véhiculant du fluide primaire à l'extérieur de l'enceinte, par exemple ligne d'échantillonnage nucléaire (états A à D) – PCC 15.2.3q.
- La rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – PCC 15.2.3t.
- La fuite non isolable d'une tuyauterie sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – RRC-A 19.1.3Fsq.

2.3.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse du cheminement de l'inondation au sein du BK a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant.

Les études d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE du BK (Cf. [Réf \[1\]](#)) ont montré, pour tous les scénarii, qu'aucun cas de perte de plus d'une redondance de fonction F1 n'était

inacceptable du point de vue de la sûreté. Les dédouanements de perte de fonction F1 se basent principalement sur la séparation géographique des équipements, les propriétés de protection vis-à-vis de l'aspersion des équipements concernés et sur la logique de contrôle-commande associée à la perte de ces équipements. Lorsque la perte de fonction de sûreté F1 est avérée, celle-ci est acceptable car il s'agit exclusivement de cas où elle n'est pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés.

Les événements de type "PCC-2" suivants peuvent être initiés par inondation simple défaillance ou inondation induite par RTHE :

- Arrêt Automatique du Réacteur intempestif (état A),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Baisse incontrôlée du niveau primaire (états C3, D),
- Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état A).

Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que l'ensemble de ces événements sont gérables avec les moyens non affectés par l'inondation interne.

Le transitoire de type PCC 15.2.3s « Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état F) » peut être initié par inondation interne dans le bâtiment combustible. Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que les moyens de gestion disponibles permettent de maîtriser ce transitoire, et de rejoindre l'état sûr. Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent également qu'aucun autre transitoire de type PCC-3/4 ou RRC-A n'est initié par une inondation interne dans le BK.

Les études d'inondation générées par un transitoire PCC ou RCC- A (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) montrent que pour chaque scénario analysé, la perte d'équipement par inondation ne remet pas cause la capacité à ramener la tranche en état sûr ou final.

L'identification des matériels perdus par inondation interne montre que les objectifs de sûreté sont atteints dans le BK. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.3.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation interne du BK.

De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans la division affectée via les puisards RPE installés dans cette division,
- La détection de l'inondation par ronde périodique de l'exploitant,
- L'isolement préventif du système SED,
- La détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI,
- Les isolements suite à identification de la fuite sur les systèmes JPI, PTR, RCV, REA, REN, RES et SER,
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une inondation interne soient couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associées à chacun des communs ou des trains RIS,
- La fermeture de vannes RPE permettant l'isolement des siphons de sol dans certaines conditions,
- Des limitations d'exploitation concernant le déplacement de dalles béton amovibles.

L'ensemble des études d'inondation interne du bâtiment combustible (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) a permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4](#), et ci-avant, que la conception du bâtiment combustible est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.4. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE ET ÉLECTRIQUES

2.4.1. Présentation du bâtiment

Les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS) sont constitués de 4 divisions renfermant des matériels participant à la réalisation de fonctions F1. Ces systèmes sont majoritairement conçus selon une quadruple redondance, chaque train étant situé dans des divisions physiquement distinctes (BAS 1 à 4), chacune de ces divisions abrite une zone mécanique et une zone électrique. Les divisions 1 et 4 abritent, dans les niveaux hauts, les lignes ARE et VVP. Des voies d'évacuation particulières dans ces zones sont prévues à la conception afin d'assurer l'écoulement de l'eau résultant de la défaillance d'une tuyauterie du circuit secondaire vers l'extérieur.

Le BAS 2 contient la salle de commande principale au niveau \square m.

2.4.2. Cibles

Les BAS contiennent des équipements classés F1 associés principalement aux systèmes ASG, ARE, RIS, PTR (3^{ème} file), VDA, VVP, et leurs supports DEL, DVL, DWL, EVU, RRI. Ils contiennent également des équipements dont l'agression par inondation interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme les systèmes ARE, RIS, VDA, VVP ou une division électrique.

Les BAS 1 à 4 contiennent des tuyauteries à exclusion de rupture sur les systèmes VDA et VVP.

Outre les objectifs généraux pour l'ensemble des bâtiments présentés dans la section 3.4.0, les études d'inondation interne dans les BAS visent également à démontrer l'absence de propagation de l'inondation à la salle de commande.

2.4.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans les BAS sont des initiateurs potentiels d'inondation. Les portions de circuits à exclusion de rupture (cf. section 3.4.2.3) sont exclues des initiateurs potentiels des BAS. Il s'agit des tuyauteries principales du circuit VVP, de la sortie du BR au point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur, y compris les \square piquages principaux pour les soupapes de sûreté et les lignes de décharge à l'atmosphère.

Dans le cas d'inondation simple défaillance, les initiateurs correspondant aux cas majorants d'inondation interne dans les BAS sont les systèmes ASG, EVU, JPI, RIS, RRI, SEC, SED et SEP.

Les tuyauteries Haute Energie des BAS de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance sont situées exclusivement dans les niveaux bas. La rupture de tuyauterie ASG, EVU et SED Haute Energie et la dégradation d'une tuyauterie induite peut conduire à des relâchements d'eau supérieurs aux cas majorants d'inondation simple défaillance.

D'une façon générale, l'analyse de sûreté du risque d'inondation interne dans les BAS (cf. [Réf \[1\]](#)) démontre que l'installation permet le cheminement de l'eau de l'inondation vers les niveaux bas (inférieurs à \square m) du bâtiment, sans risque de transfert vers une autre division ou un autre bâtiment.

En l'absence de détection spécifique au système rupté (pour certains initiateurs de transitoires accidentels), la stratégie de gestion de l'inondation dans les BAS repose sur :

- la détection de l'inondation dans la division concernée,
- l'identification du système affecté (\square),
- l'isolement du système affecté, si nécessaire.

Dans les BAS, les évènements PCC constituant des initiateurs d'inondation interne ont été étudiés. Pour ces évènements, l'inondation induite ne doit pas remettre en cause la gestion des transitoires.

Les transitoires PCC (cf. sous-chapitre 15.2) provoquant une inondation interne dans les BAS sont les suivants :

- Petite brèche vapeur ou d'eau alimentaire (< DN 50) incluant la rupture de lignes connectées aux GV (états A, B) – PCC 15.2.3a,
- La rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – PCC 15.2.3t,
- Rupture de tuyauterie vapeur – PCC 15.2.4b,
- La rupture de tuyauterie d'eau alimentaire – PCC 15.2.4c,
- La brèche sur le système RIS en mode RRA (< DN 250), à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte (états C, D) – PCC 15.2.4q,
- La petite brèche primaire non isolable (< DN 50) ou brèche isolable sur le système RIS en mode RRA (< DN 250), aspect vidange piscine (état E) – PCC 15.2.4r.

2.4.4. Analyses fonctionnelles

L'analyse du cheminement de l'inondation dans les BAS a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant.

Les études d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE des BAS (Cf. [Réf \[1\]](#)) ont montré, pour tous les scénarii, qu'aucun cas de perte de plus d'une redondance de fonction F1 n'était inacceptable du point de vue de la sûreté. Les dédouanements de perte de fonction F1 se basent principalement sur la séparation géographique des équipements, les propriétés de protection vis-à-vis de l'aspersion des équipements concernés et sur la logique de contrôle-commande associée à la perte de ces équipements. Lorsque la perte de fonction de sûreté F1 est avérée, celle-ci est acceptable car il s'agit exclusivement de cas où elle n'est pas requise dans la conduite des transitoires initiés ou cumulés.

En cas de rupture sur une tuyauterie conduisant à une vidange de l'IRWST, les études ont montré que l'inondation interne générée ne remet pas en cause la capacité à replier la tranche.

Les évènements de type "PCC-2" suivants peuvent être initiés par inondation simple défaillance ou inondation induite par RTHE :

- Arrêt Automatique du Réacteur intempestif (état A),
- Défaillance de l'ARE conduisant à l'augmentation du débit d'eau alimentaire (états A et B),
- Perte d'une pompe primaire sans AAR partiel (état A),
- Mauvais positionnement et chute d'une grappe, sans limitation (état A),
- Dysfonctionnement du RCV conduisant à la baisse de la concentration en bore du fluide primaire (états A à E),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Baisse incontrôlée du niveau primaire (états C3, D),
- Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état A),
- Perte d'un train RIS/RRA en mode RRA (états C3 et D).

Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que l'ensemble de ces évènements sont gérables avec les moyens non affectés par l'inondation interne.

Le transitoire de type PCC 15.2.3s « Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état F) » peut être initié par inondation interne dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde. Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que les moyens de gestion disponibles permettent de maîtriser ce transitoire, et de rejoindre l'état sûr. Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent également qu'aucun autre transitoire de type PCC-3/4 n'est initié par une inondation interne dans les BAS.

Les études d'inondation générées par un transitoire PCC3/4 (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) montrent que pour chaque scénario analysé, la perte d'équipement par inondation ne remet pas cause la capacité à ramener la tranche en état sûr.

De plus, il est vérifié qu'une inondation interne dans le BAS 2 ne se propage pas à la salle de commande principale.

L'identification des matériels perdus par inondation interne montre que les objectifs de sûreté sont atteints dans les BAS. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.4.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales, présentées au [§ 2.1.4](#), ont été valorisées dans les études d'inondation interne des BAS.

De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans la division affectée via les puisards RPE installés dans cette division,
- La détection de l'inondation par ronde périodique de l'exploitant,
- La détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI,
- Les isolements suite à identification de la fuite sur les systèmes APG, ASG, JPI, RIS, SEC, SED, SEP, SRU et SER,
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une inondation interne soient couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associées à chacun des communs ou des trains RIS,
- Les lignages spécifiés en situation normale pour ASG et EVU.

L'ensemble des études d'inondation interne des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde et électrique (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) a permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4](#), et ci-avant, que la conception des bâtiments est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.5. BÂTIMENTS DIESELS

2.5.1. Présentation du bâtiment

Les Bâtiments Diesels (BD) sont constitués de quatre divisions principales (HDA/HDB/HDC/HDD) et de deux divisions d'ultime secours (division SBO : HDA-SBO et HDD-SBO) répartis comme suit :

- Bâtiment diesel sud : divisions HDA, HDB et HDA-SBO,
- Bâtiment diesel nord : divisions HDC, HDD et HDD-SBO.

Chacune des quatre divisions principales abrite un diesel principal et ses systèmes supports classés F1. Chaque division principale est reliée à une galerie classée permettant le passage des câbles de puissance vers les bâtiments de sauvegarde. Les deux divisions d'ultime secours hébergent chacune un diesel d'ultime secours et ses fonctions supports, classés F2.

2.5.2. Cibles

Les Bâtiments Diesels contiennent des équipements classés F1, auxiliaires des groupes diesels et séparés physiquement. Aucune agression par inondation interne d'un équipement dans les BD n'est susceptible d'initier des transitoires de type PCC.

Le principe de séparation géographique et d'indépendance de chaque division assure que la perte d'une division est sans conséquence pour la sûreté de l'installation.

Les études d'inondation interne dans les BD visent donc à démontrer le confinement de l'inondation à une seule division.

En outre, ces bâtiments n'abritent pas de tuyauteries à exclusion de rupture ou de fuite.

2.5.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Par conception, aucun événement de type PCC-3/4 ne peut être initié dans les bâtiments Diesels (Cf. sous-chapitre 15.2). Par conséquent, l'inondation résultant d'un événement PCC-3/4 est écartée.

Les initiateurs majorant d'inondation interne dans les BD sont les systèmes JPV, SED, SEP ainsi que l'alimentation des groupes électrogènes LHP/Q, LJP et leur circuit de refroidissement.

Les études [Réf \[1\]](#) montrent que les tuyauteries Haute Energie des BD ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance.

D'une façon générale, l'analyse de sûreté du risque d'inondation interne dans les diesels (Cf. [Réf \[1\]](#)) démontre que l'installation permet de garantir l'absence de propagation de l'inondation vers une autre division du bâtiment ou vers l'extérieur. La stratégie de gestion de l'inondation dans les BD repose sur :

- la détection de l'inondation dans la division concernée,
- certains isolements préventifs,
- l'identification du système affecté (en salle de commande ou en local),
- l'isolement du système affecté, si nécessaire.

2.5.4. Analyses fonctionnelles

Les analyses fonctionnelles réalisées pour les BD ne se basent pas sur les matériels perdus lors du cheminement d'une inondation interne mais considèrent le cas enveloppe de la perte d'une division complète.

Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que la perte d'une division diesel ne remet pas en cause la réalisation de fonction F1 car une seule redondance de fonction diesel au maximum est perdue par l'agression interne. Ainsi, les objectifs de sûreté sont atteints dans les BD. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.5.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation interne des BD.

De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans la division affectée via les puisards SEH installés dans cette division,
- La détection de l'inondation par ronde périodique de l'exploitant,
- L'isolement préventif des systèmes SED et SEP,

- La détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI ou JVP,
- Les isolements suite à identification de la fuite sur les systèmes JPI/JPV et SER.

L'ensemble des études d'inondation interne des bâtiments Diesel (cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) a permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4.](#) et ci-avant, que la conception des bâtiments diesels est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.6. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES

2.6.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) ne contient aucun matériel participant à la réalisation de fonction F1 permettant de ramener et maintenir le réacteur dans un état sûr suite à un événement PCC, et n'est pas constitué de divisions séparées. Néanmoins, ce bâtiment est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.6.2. Cibles

Le BAN ne contient pas d'équipements classés F1. Il abrite néanmoins des équipements dont l'agression par inondation interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme le système RCV.

2.6.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Dans le cas d'inondation simple défaillance, les initiateurs correspondant aux cas majorants d'inondation interne dans le BAN sont les systèmes APG, DER, JPI, RCV, REA, REN, RES, RRI, SED, SEP, SER et TEP.

La rupture de tuyauterie REN et TEP Haute Energie et la dégradation d'une tuyauterie induite peut conduire à des relâchements d'eau supérieurs au cas majorants d'inondation simple défaillance.

L'analyse de sûreté (cf. [Réf \[1\]](#)) montre que l'installation du BAN et le génie civil du bâtiment permettent le cheminement de l'eau de l'inondation vers les niveaux bas (inférieurs à \square m) du bâtiment, et de la contenir sans risque de transfert vers les bâtiments en interface (BK et BTE) ou vers l'extérieur.

La stratégie de gestion de l'inondation dans le BAN repose sur :

- la détection de l'inondation,
- l'identification du système affecté (en salle de commande ou en local),
- l'isolement du système affecté, si nécessaire.

Dans le BAN, les événements PCC constituant des initiateurs d'inondation interne ont été étudiés. Les moyens de gestion F1 des PCC étant situés à l'extérieur du BAN, l'inondation interne ne remet pas en cause la gestion de ces transitoires. Les transitoires PCC (cf. sous-chapitre 15.2) provoquant une inondation interne dans le BAN sont les suivants :

- La défaillance dans les systèmes de traitement des effluents liquides ou gazeux – PCC 15.2.3k,
- La rupture d'une ligne véhiculant du fluide primaire à l'extérieur de l'enceinte, par exemple ligne d'échantillonnage nucléaire (états A à D) – PCC 15.2.3q,
- La rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (états A à F) – PCC 15.2.3t.

En l'absence d'équipement F1 nécessaire à la gestion de ces transitoires dans le BAN, l'analyse consiste à vérifier l'absence de risque de propagation de l'inondation à l'extérieur du BAN.

2.6.4. Analyses fonctionnelles

Les événements de type “PCC-2” suivants peuvent être initiés par inondation simple défaillance ou inondation induite par RTHE :

- Arrêt Automatique du Réacteur intempestif (état A),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une augmentation de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Dysfonctionnement du RCV entraînant une diminution de l'inventaire en fluide primaire (état A),
- Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état A).

Les études (Cf. [Réf \[1\]](#)) montrent que l'ensemble de ces événements sont gérables avec les moyens non affectés par l'inondation interne.

Le transitoire de type PCC 15.2.3s « Perte d'un train de refroidissement PTR ou d'un système support du PTR (état F) » peut être initié par inondation interne en cas de défaillance d'une tuyauterie RRI. Les études montrent que les moyens de gestion restant disponibles permettent de maîtriser ce transitoire, et de rejoindre l'état sûr. Aucun autre transitoire de type PCC-3/4, RRC-A ou Accident Grave n'est initié par inondation interne dans le BAN.

Ainsi, l'identification des matériels perdus par inondation interne montre que les objectifs de sûreté sont atteints dans le BAN. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.6.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales, présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation interne du BAN.

De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation via les puisards RPE,
- La détection de l'inondation par ronde périodique de l'exploitant,
- La détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI,
- Les isolements suite à identification de la fuite sur les systèmes APG, JPI, PTR, RCV, REA, REN, RES, SED, SEP et SER,
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin que les transitoires éventuellement induits par une inondation interne soient couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associées à chacun des communs ou des trains RIS.

L'ensemble des études d'inondation interne du bâtiment des auxiliaires nucléaire (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) a permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4.](#) et ci-avant, que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.7. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

2.7.1. Présentation du bâtiment

Le bâtiment de traitement des effluent (BTE) est composé de deux corps de bâtiment nommés HQA (dédié à l'entreposage des fûts et conteneurs) et HQB (dédié au traitement des effluents), construits sur des radiers distincts (respectivement au niveau \square m et \square m). Le HQA est en zone contrôlé. Le HQB est constitué d'une zone contrôlée et d'une zone non-contrôlée où sont localisées la centrale de production de béton et la zone de stockage des agrégats.

Le bâtiment de traitement des effluents ne contient aucun matériel participant à la réalisation de fonction F1 permettant de ramener et maintenir le réacteur dans un état sûr suite à un événement PCC, et n'est pas constitué de divisions séparées. Néanmoins, ce bâtiment est classé C1 au titre du confinement des matières radioactives.

2.7.2. Cibles

Le BTE ne contient pas d'équipements classés F1. Il abrite néanmoins des équipements dont l'agression par inondation interne est susceptible d'initier des transitoires de type PCC, comme le système RCV.

2.7.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Dans le cas d'inondation simple défaillance, les initiateurs correspondant aux cas majorants d'inondation interne dans le BTE sont les systèmes 8JPI, 0SED, 8SEP et 8TEU.

Les études [Réf \[1\]](#) montrent que les tuyauteries Haute Energie du BTE ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance.

L'analyse de sûreté (Cf. [Réf \[1\]](#)) montre que l'installation du BTE et le génie civil du bâtiment permettent le cheminement de l'eau de l'inondation vers les niveaux bas (inférieurs à 1 m) du bâtiment, et de la contenir sans risque de transfert vers les bâtiments en interface classés C1 ou vers l'extérieur.

La stratégie de gestion de l'inondation dans le BTE repose sur :

- la détection de l'inondation,
- l'identification du système affecté (II),
- l'isolement du système affecté, si nécessaire.

Dans le BTE, les événements PCC constituant des initiateurs d'inondation interne ont été étudiés. Les moyens de gestion F1 des PCC étant situés à l'extérieur du BTE, l'inondation interne ne remet pas en cause la gestion de ces transitoires. Le seul transitoire PCC (cf. sous-chapitre 15.2) provoquant une inondation interne dans le BTE est le suivant : la défaillance dans les systèmes de traitement des effluents liquides ou gazeux – PCC 15.2.3k.

2.7.4. Analyses fonctionnelles

Aucun événement de type "PCC-2" n'est susceptible d'être initié par une inondation interne dans le BTE. De plus, les études montrent (Cf. [Réf \[1\]](#)) qu'une inondation interne dans le BTE ne génère pas de situation de type PCC-3/4, RRC-A ou Accident Grave.

Les études d'inondation générées par un transitoire PCC 15.2.3k (cf. [Réf \[1\]](#)) identifient que l'ensemble des matériels nécessaires à la gestion du PCC 15.2.3k est situé à l'extérieur du BTE. Donc l'inondation générée dans le BTE ne remet pas en cause la capacité à ramener la tranche en état sûr.

L'identification des matériels perdus par inondation interne montre que les objectifs de sûreté sont atteints dans le BTE. De plus, il est vérifié que les moyens de mitigation de l'inondation interne ne sont pas impactés par l'agression.

2.7.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4](#) ont été valorisées dans les études d'inondation interne du BTE. De plus, certaines dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- la détection de l'inondation par ronde périodique de l'exploitant,
- la détection spécifique d'une inondation initiée sur le JPI,
- les isollements suite à identification de la fuite sur les systèmes JPI, SED et SEP.

L'ensemble des études d'inondation interne du bâtiment de traitement des effluents (Cf. [Réf \[1\]](#) et [Réf \[3\]](#)) a permis de montrer, en valorisant les dispositions identifiées au [§ 2.1.4.](#) et ci-avant, que la conception du bâtiment est satisfaisante vis-à-vis du risque d'inondation interne en regard des exigences de sûreté relatives aux agressions internes.

2.8. STATION DE POMPAGE ET GALERIES CLASSEES

2.8.1. Présentation du bâtiment

La station de pompage et les galeries classées sont décrites dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.

2.8.2. Cibles

La station de pompage est constituée de quatre divisions indépendantes comportant chacune un train de sûreté des systèmes SEC, CFI et SEF. Le conditionnement thermique est assuré par le système DVP. La division 1 contient également la redondance du système SRU permettant le refroidissement de la troisième file PTR, valorisée pour la gestion d'accident PCC. Chaque division de la station de pompage est connectée par une interface ouverte aux galeries classées (galeries SEC, galeries diesel) appartenant à la même division de sûreté permettant la circulation des tuyauteries d'amenée et de rejet SEC et SRU.

La station de pompage contient également des tuyauteries et des équipements dont l'analyse est couverte par celles des PCC. Les systèmes SEC, CFI, et DVP sont concernés. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

2.8.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Chaque redondance de système F1 est localisée dans une division de la station pompage et la galerie classée associée: l'objectif est d'éviter qu'une inondation interne ne se propage d'une division à une autre. L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans ces bâtiments sont des initiateurs potentiels d'inondation.

Des requis d'étanchéité des voiles et planchers sont définis entre les différentes divisions de la station de pompage. Les circuits dont la défaillance peut conduire à une inondation dépassant ces niveaux de cloisonnement doivent être isolés pour éviter la propagation de l'inondation à plusieurs divisions. Les circuits concernés sont ceux alimentés gravitairement par des bâches (SED, SEP, SEI, SER) ou alimentés par des pompes non noyées par l'inondation (réseau incendie, SRU partie traitement). Des capteurs de détection de niveau associés à des alarmes en salle de commande sont ainsi installés dans chaque puits SEC de la station de pompage afin de pouvoir lancer les actions d'isolement . L'analyse du cheminement d'une inondation en station de pompage et en galeries classées (cf. [Réf \[2\]](#)) démontre que l'installation permet le cheminement de l'eau vers les niveaux bas du bâtiment et de la contenir sans risque de transfert vers une autre division.

D'autres circuits peuvent conduire à des inondations ne nécessitant aucune action de mitigation:

- Circuits dont la défaillance conduit à un scénario d'équilibrage avec le niveau d'eau marin (CFI, SEN, CRF, SEC...). Ce niveau est inférieur au niveau de l'interface étanche inter-divisions garantissant la non propagation de l'inondation d'une division à une autre.
- Circuits localisés dans les puits SEN/CRF ou autour de la filtration CFI (en dehors des puits SEC) dont la défaillance conduit à une inondation pouvant être évacuée vers la mer par les différentes ouvertures autour des filtres et par les goulottes d'évacuation des débris de filtration. La possibilité de transit par la goulotte ne remet pas en cause l'objectif de ne pas perdre simultanément deux redondances F1.

L'ouvrage de rejet (partie rejet des systèmes SEC et SRU) et les bâtiments diesel sont en liaison avec la station de pompage par les galeries classées (interfaces non étanches). L'analyse des scénarios d'inondation dans ces parties de l'installation démontre qu'une inondation ne peut pas se propager vers plusieurs galeries classées (cf. [§ 2.5.](#) pour les bâtiments diesel et [§ 2.9.](#) pour la partie rejet de

l'ouvrage de rejet). Une inondation dans ces bâtiments ne peut donc pas entraîner la perte de deux divisions en station de pompage.

Aucun transitoire PCC (cf. Sous-chapitre 15.2) et RRC (cf. Chapitre 19) n'est susceptible de provoquer une inondation en station de pompage ou en galeries classées. Les tuyauteries haute énergie localisées en station de pompage et dans les galeries classées (tuyauteries gaz uniquement, cf. paragraphe 2 de la section 3.4.2 du Rapport de Sûreté) ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance (cf. [Réf \[2\]](#)).

2.8.4. Analyses fonctionnelles

En station de pompage ou dans les galeries classées, l'analyse de sûreté du cheminement de l'inondation a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant. Ces études ont montré que pour tous les scénarios d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE, le risque de perte de fonction de sûreté F1 potentiellement engendrée par la perte d'équipements redondants de plus d'un train de sûreté est écarté grâce aux parades identifiées au [§ 2.2.5.](#)

Nota : le cas particulier où la banalisation SEC est initialement en service (un train CFI indisponible pour maintenance, deux trains SEC alimentés par un même train CFI) reste couvert par l'analyse générique car dans ce mode de fonctionnement particulier, aucune maintenance préventive sur un autre train SEC ou CFI n'est possible.

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 associés à la perte d'un train PTR ou d'un train RIS-RA par perte de refroidissement du train RRI couplé au train SEC perdu. Par ailleurs, la perte d'une pompe de circulation CRF lorsque la seconde est à l'arrêt peut conduire à l'événement de type PCC-2 « Perte du vide au condenseur ».

Les parades identifiées au [§ 2.2.5.](#) permettent d'assurer que les transitoires éventuellement induits par une inondation sont couverts par les études des événements PCC. Un nombre suffisant de systèmes non affectés par l'inondation restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche.

Par conséquent, une inondation en station de pompage ou dans les galeries classées ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

En cas d'utilisation de la banalisation SEC sur deux trains SEC, il est démontré que la défaillance d'un composant de la banalisation SEC dans une autre division de la station de pompage, entraînant une inondation interne, ne conduit pas à la perte de plus d'une redondance F1.

2.8.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation en station de pompage et dans les galeries classées.

Pour ces bâtiments, d'autres dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans une division via le niveau très haut du puisard en bas des puits SEC,
- L'isolement des circuits incendie, SED, SEI, SEP, SER et SRU partie traitement pour éviter qu'une inondation ne se propage à plusieurs divisions de sûreté. Les vannes sont à fermer ,
- Les déchets présents dans les goulottes en station de pompage sont surveillés afin d'être évacués en cas d'accumulation pouvant entraîner un risque de débordement de l'eau contenue dans celles-ci (disposition d'exploitation),
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin de garantir que les transitoires éventuellement induits par une inondation

interne sont couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associés à chacun des communs.

Ces dispositions sont détaillées en [Réf \[3\]](#).

2.9. OUVRAGE DE REJET, PARTIE REJET (HCA)

2.9.1. Présentation du bâtiment

La partie rejet HCA de l'ouvrage de rejet est décrite dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.



2.9.2. Cibles

L'ouvrage de rejet, partie rejet (HCA), abrite dans sa partie classée, les tuyauteries de rejet SEC et SRU ainsi que la prise d'eau pour la diversification SRU (ainsi que le système support DVP). Les équipements cibles appartenant aux systèmes SEC et SRU dans ce bâtiment ne sont pas sensibles à l'inondation. L'autre partie de l'ouvrage, qui comprend le bassin de rejet et le rejet SEN/CRF, ne contient aucune cible de sûreté.

L'ouvrage de rejet partie rejet contient également des tuyauteries et des équipements dont l'endommagement peut potentiellement générer des transitoires incidentels ou accidentels dont l'analyse est couverte par celles des PCC. Le système SEC est concerné. Les systèmes SEN et CRF sont également concernés puisqu'ils peuvent conduire à la perte du vide au condenseur.

Cette partie de l'ouvrage de rejet est en communication directe avec les puits de rejet SEC 3 et SEC4 de la station de pompage par les galeries de retour SEC (respectivement HGH et HGI). Le risque de perte potentielle des équipements présents dans ces puits de la station de pompage (cf. [§ 2.2.2.](#)) par une inondation dans HCA est donc également analysée.

2.9.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Les tuyauteries de rejet SEC des trains 2 et 4 sont dans un puits de rejet séparé physiquement de celui abritant les tuyauteries de rejet SEC des trains 1 et 3 (ainsi que SRU train 1). Le puits de rejet des trains SEC 1 et 3 communique avec le puits du train SEC 3 en station de pompage par la galerie  et le puits de rejet des trains SEC 2 et 4 avec le puits du train SEC 4 par la galerie . L'objectif est d'éviter qu'une inondation interne ne se propage d'un puits de rejet à l'autre ou entre plusieurs divisions de la station de pompage. L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans ces bâtiments sont des initiateurs potentiels d'inondation.

Des requis d'étanchéité des voiles sont définis entre les deux puits de rejet. Une inondation dans un puits de rejet peut se propager vers la station de pompage par l'intermédiaire d'une galerie classée. Les circuits dont la défaillance peut conduire à une inondation dépassant le niveau de cloisonnement des deux puits de rejet ou des divisions de la station de pompage entre elles doivent être isolés pour éviter la propagation de l'inondation. Les circuits concernés sont ceux alimentés gravitairement par des bâches (SEI) ou alimentés par des pompes non noyées par l'inondation (SRU, SEC, réseau incendie dont son alimentation par SER). Des capteurs de détection de niveau associés à des alarmes en salle de commande sont ainsi installés dans chaque puits de rejet afin de pouvoir lancer les actions d'isolement. L'analyse de sûreté du risque d'inondation dans HCA (cf. [Réf \[2\]](#)) démontre que l'installation permet le cheminement de l'eau vers les niveaux bas du bâtiment puis, dans certains scénarios, vers une division de la station de pompage sans risque de propagation vers l'autre puits de rejet ou vers une autre division de la station de pompage.

En cas de défaillance des trains SEC 1 ou 2, ces circuits doivent être isolés avant que l'inondation ne puisse atteindre les matériels F1 présents dans les puits SEC 3 et SEC 4 de la station de pompage afin d'écartier le risque de perte de fonction de sûreté F1 potentiellement engendrée par la perte d'équipements redondants de plus d'un train de sûreté.

L'analyse de sûreté démontre qu'une inondation générée dans les parties abritant du matériel non classé F1 dans l'ouvrage de rejet, ne pourra pas se propager vers les puits de rejet SEC et SRU qui

est protégé par la protection volumétrique (cf. Section 3.3.5 du Rapport de Sûreté). De même, bien que les puits de rejet des trains SEC et SRU soient en liaison directe avec des puits SEC de la station de pompage, une inondation en station de pompage ne se propagera pas simultanément vers les deux puits de rejet SEC et SRU de l'ouvrage de rejet.

Aucun transitoire PCC (cf. Sous-chapitre 15.2.) et RRC (cf. Chapitre 19) n'est susceptible de provoquer une inondation en station de pompage ou en galeries classées.

Les tuyauteries haute énergie localisées dans HCA (tuyauteries gaz uniquement, cf. paragraphe 2 de la Section 3.4.2. du Rapport de Sûreté) ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance (cf. [Réf \[2\]](#)).

2.9.4. Analyses fonctionnelles

Dans HCA, l'analyse de sûreté du cheminement de l'inondation a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant. Ces études ont montré que pour tous les scénarios d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE, le risque de perte de fonction de sûreté F1 potentiellement engendrée par la perte d'équipements redondants est écarté grâce aux parades définies au [§ 2.3.5.](#)

Toutefois, en fonction de l'état de tranche considéré, la défaillance d'un train SEC (ou systèmes supports associés) peut conduire à des événements de type PCC-2 ou PCC-3 associés à la perte d'un train PTR ou d'un train RIS-RA par perte de refroidissement du train RRI couplé au train SEC perdu. Par ailleurs, la perte d'une pompe de circulation CRF lorsque la seconde est à l'arrêt peut conduire à l'événement de type PCC-2 « Perte du vide au condenseur ». Un nombre suffisant de systèmes non affectés par l'inondation restent disponibles pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche grâce aux parades définies au [§ 2.3.5.](#)

Par conséquent, une inondation dans HCA ne conduit pas à la remise en cause des objectifs de sûreté.

2.9.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.1.4.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation en station de pompage et dans les galeries classées.

Pour ces bâtiments, d'autres dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans une division via le niveau très haut en fond de puits de rejet,
- L'isolement des circuits SEI, SEC, SRU et du réseau incendie (dont son alimentation en eau SER) pour éviter qu'une inondation ne se propage à plusieurs divisions de sûreté en station de pompage. Les vannes sont à fermer après diagnostic,
- Des requis ont été mis en place sur la configuration de l'installation durant certaines phases de maintenance afin de garantir que les transitoires éventuellement induits par une inondation interne sont couverts par les études PCC. Ces requis concernent les configurations des trains RRI/SEC associés à chacun des communs.

Ces dispositions sont détaillées en [Réf \[3\]](#).

2.10. OUVRAGE DE REJET, PARTIE PRÉ-REJET (HCB)

2.10.1. Présentation du bâtiment

La partie pré-rejet de l'ouvrage de rejet HCB, est décrit dans le paragraphe 3.3 de la section 1.2.3.2 du rapport de sûreté.

2.10.2. Cibles

La partie pré-rejet de l'ouvrage de rejet comprend en sous-sol deux voies abritant chacune une redondance de fonctions F1 participant à la fonction de sûreté de refroidissement de la piscine combustible (système JAC et son système support DVP) ainsi qu'une partie en extérieur où transitent les eaux et débris issus du lavage des filtres et des grilles de la station de pompage. Cette seconde partie ne comporte pas de matériels F1.

Les circuits localisés dans HCB ne conduisent à aucun transitoire chaudière en cas de défaillance d'un circuit.

2.10.3. Initiateurs et stratégie de gestion de l'agression

Chaque redondance du système JAC étant localisée dans une voie de l'ouvrage HCB, l'objectif est d'éviter qu'une inondation interne ne se propage d'une voie à une autre. L'ensemble des systèmes véhiculant du liquide dans ces bâtiments sont des initiateurs potentiels d'inondation.

Des requis d'étanchéité des voiles et planchers sont définis entre les deux voies jusqu'au niveau \square m NGFN. Les circuits dont la défaillance peut conduire à une inondation dépassant ce niveau de cloisonnement doivent être isolés pour éviter la propagation de l'inondation à l'autre voie. Les circuits concernés sont ceux alimentés gravitairement par des bâches (SEI, SER) ou alimentés par des pompes non noyées par l'inondation (réseau incendie JPD et JPI, JAC, ASG, SRU). Des capteurs de détection de niveau associés à des alarmes en salle de commande sont ainsi installés dans chaque voie de l'ouvrage afin de pouvoir lancer les actions d'isolement. L'analyse du cheminement de l'inondation dans HCB (cf. [Réf \[2\]](#)) démontre que l'installation permet le cheminement de l'eau vers les niveaux bas du bâtiment et de la contenir sans risque de transfert vers l'autre voie.

\square . Des dispositions de génie civil sont mises en place afin d'orienter l'inondation générée dans ce local vers une seule voie (cf. [§ 2.4.5.](#)).

Les interfaces entre HCB et les bâtiments adjacents sont étanches: une inondation dans ces bâtiments ne peut donc pas se propager vers HCB. De même, l'analyse de sûreté démontre qu'une inondation générée dans les parties abritant du matériel non classé F1 dans l'ouvrage de rejet, ne pourra pas se propager vers la partie de l'ouvrage où sont situés les matériels classés F1 qui est protégé par la protection volumétrique (cf. Section 3.3.5 du Rapport de Sûreté).

Aucun transitoire PCC (cf. Sous-chapitre 15.2.) et RRC (cf. Chapitre 19) n'est susceptible de provoquer une inondation dans HCB.

Les tuyauteries haute énergie localisées dans HCB (tuyauteries gaz uniquement, cf. Section 3.4.2 du Rapport de Sûreté) ne sont pas de nature à générer une inondation plus importante que le cas majorant d'inondation simple défaillance (cf. [Réf \[2\]](#)).

2.10.4. Analyses fonctionnelles

Dans l'ouvrage de rejet partie pré-rejet, l'analyse de sûreté du cheminement de l'inondation a permis d'identifier les équipements pouvant être affectés par l'inondation pour l'ensemble des initiateurs présentés ci-avant. Ces études ont montré que pour tous les scénarios d'inondation simple défaillance ou d'inondation induite par RTHE, le risque de perte de fonction de sûreté F1 potentiellement engendrée par la perte d'équipements redondants de plus d'un train de sûreté est écarté grâce aux parades définies au [§ 2.4.5.](#)

La perte des systèmes localisés dans HCB ne conduit à aucun transitoire chaudière.

2.10.5. Parades spécifiques

Les dispositions générales présentées au [§ 2.4.1.](#) ont été valorisées dans les études d'inondation dans HCB.

Pour ce bâtiment, d'autres dispositions spécifiques ont également été valorisées :

- La détection de l'inondation dans une voie via le niveau très haut du puisard en fond de voie. En complément, la disposition agression "Détection d'une inondation interne sur le réseau incendie" est valorisée afin d'identifier plus rapidement le circuit à l'origine de l'inondation.
- L'isolement des circuits SEI, SER et SRU pour éviter qu'une inondation ne se propage aux deux voies JAC ainsi que l'arrêt des pompes principales JAC. [\[1\]](#),
- Des dispositions de génie civil (requis d'étanchéité de plancher au-dessus de la voie 1 et seuil devant la porte d'accès vers la voie 1) et des exutoires vers la voie 2 sont mis en place dans le local d'accès commun aux deux voies afin qu'une inondation dans ce local n'affecte qu'une seule redondance de matériels F1.

Ces dispositions sont détaillées en [Réf \[3\]](#).

LISTE DES REFERENCES

[1] ECEIG110126 E : Note de synthèse des analyses des conséquences d'une inondation interne dans les bâtiments de l'îlot nucléaire

[2] ETSIM130197 C : Note de synthèse du risque inondation interne sur les installations de la station de pompage, des galeries classées et de l'ouvrage de rejet de l'EPR de Flamanville 3

[3] D305117002784 F – Liste des références et études applicables aux chapitres RDS Agressions associés au DMES

[4] D305116017155 A – Modes communs potentiels "liaisons électriques" en cas d'inondation interne pour les bâtiments BAS/BL

[5] D305116015240 A – Modes communs potentiels "liaisons électriques" en cas d'inondation interne pour le bâtiment BK

[6] D305116059317 A – Note d'analyse fonctionnelle des conséquences de l'inondation interne (perte des liaisons électriques via GESTEC) pour le Bâtiment Réacteur

[7] D305116057341 A – Note d'analyse fonctionnelle des conséquences de l'inondation interne (perte des liaisons électriques via GESTEC) pour les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde

[8] D305116054426 A – Note d'analyse fonctionnelle des conséquences de l'inondation interne - perte des liaisons électriques via GESTEC - pour le Bâtiment Combustible

[9] D305215082803 A – EPR FA3 Identification des modes communs de câblages (MCC) pour les agressions internes dans les bâtiments de l'IC/BOP

SOMMAIRE

.3.4.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES

RADIOLOGIQUES	2
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
1. BASES DE CONCEPTION	2
2. ANALYSE DE SÛRETÉ	2
2.1. DÉFINITION DES CAS LIMITATIFS	2
2.1.1. IDENTIFICATION DES TERMES SOURCES	2
2.1.2. IDENTIFICATION DES SCÉNARIOS D'AGRESSIONS CONDUISANT AUX SCÉNARIOS ENVELOPPES	2

.3.4.9 VÉRIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

L'objectif de l'évaluation des conséquences radiologiques des situations résultant des risques d'origine interne est de justifier qu'elles sont au plus équivalentes à celles évaluées pour des conditions de fonctionnement (cf. sous-chapitre 15.3) de fréquences d'occurrences équivalentes.

Tous les textes réglementaires applicables sont identifiés dans la section 3.4.0 ou dans les sections connexes 3.4.i.0 spécifiques à chaque agression interne.

Les exigences de sûreté sont conformes à la prescription technique INB 167-6.

1. BASES DE CONCEPTION

La méthode utilisée pour les agressions internes est identique à celle décrite pour les agressions externes dans la section 3.3.9.

2. ANALYSE DE SÛRETÉ

2.1. DÉFINITION DES CAS LIMITATIFS

2.1.1. Identification des termes sources

Les termes sources analysés sont principalement contenus dans les systèmes ou portions de systèmes suivants : RBS (portions véhiculant du fluide RIS), RCP, RCV, REN, RIS, TEG, TEP, TEN et TEU.

Les systèmes PTR et RPE ne sont pas retenus dans cette liste car le premier présente une activité volumique faible en fonctionnement normal ¹ et le deuxième parce qu'il s'agit d'un circuit de collecte ne véhiculant pas du fluide radioactif en permanence.

2.1.2. Identification des scénarios d'agressions conduisant aux scénarios enveloppes

Les scénarios analysés sont ceux induits par les agressions identifiées à la section 3.4.1 du RDS. L'application de la démarche détaillée dans le § 1. et les critères d'exclusion sont, ici aussi, appliqués.

Les agressions dédouanées sont :

- « Collisions et chutes de charges » (cf. section 3.4.5) au titre de dispositions de conception ;
- « Rupture de réservoirs, pompes et vannes » (cf. section 3.4.3) car cette agression est couverte par celle de « l'inondation interne » (cf. section 3.4.8) ;
- « missiles » (cf. section 3.4.4) car, en dehors de l'accident d'éjection de grappe faisant l'objet d'une étude PCC, les scénarios initiés par cette agression sont couverts en termes de conséquences et de fréquences par les études « fuites et ruptures de tuyauteries » ou par application de la RFS 1.2.b.

Les scénarios enveloppes issus des études agressions sont donc les scénarios associés :

- à l'agression « fuites et ruptures de tuyauteries » (cf. section 3.4.2) ;

1. La limite d'activité est fixée au seuil définissant la limite du classement mécanique (1 MBq/L) selon le paragraphe 3 de la section 3.2.1 du RDS.

- à l'agression « incendie » (cf. section 3.4.7) ;
- à l'agression « inondation interne » (cf. section 3.4.8).

La maille d'analyse retenue est le bâtiment. Le tableau suivant liste les bâtiments constituant l'îlot nucléaire et les systèmes élémentaires susceptibles de véhiculer du fluide radioactif en fonctionnement normal :

Système	Bâtiment(s)
RBS	BR (tuyauteries non-isolées du RIS)
RCP	BR
RCV	BR, BAN, BK
REN	BR, BAN, BK, BAS
RIS	BR, BAS (en état C à D)
TEG	BR, BAN, BK, BAS
TEN	BTE
TEP	BAN
TEU	BTE

2.1.2.1. Scénarios associés à l'agression « fuites et ruptures de tuyauteries »

La RTHE peut soit directement mobiliser un terme source en tant qu'initiatrice de fuite ou de brèche soit agresser une portion de système véhiculant un terme source, cf. section 3.4.2 du RDS. Cette agression peut donc générer un scénario de type PCC dont les conséquences sont couvertes en termes de volume et d'activité par les PCC associés sous réserve que les moyens de mitigation valorisés dans les études PCC ne soient pas agressés et en particulier ceux relatifs au confinement. Selon le découpage en bâtiment, l'analyse de cette agression conduit aux résultats suivants :

- Scénario enveloppe dans le BR

Le cas pénalisant est l'initiation de brèches sur des tuyauteries dans lesquelles circule du fluide primaire. En cas de brèches multiples, leur surface cumulée est inférieure à celle considérée dans les scénarios d'APRP. Le scénario d'agression enveloppe est donc la rupture de la jambe d'expansion du pressuriseur, sans remise en cause des fonctions de mitigation y compris de confinement, dont les conséquences radiologiques sont couvertes par celles du PCC 15.2.4f « APRP grosse brèche et brèche intermédiaire (états A et B) », cf. paragraphe 4.6 du sous-chapitre 15.3.

Ce scénario est considéré comme étant hautement improbable (fréquence $<10^{-4}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. § 1.), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont réputées acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

- Scénario enveloppe dans le BK

Une RTHE dans le BK peut initier des brèches sur les systèmes contenant un terme source radioactif suivants : RCV, REN, TEG. De manière conservatrice, ces circuits sont considérés rompus simultanément. Le scénario enveloppe est alors la rupture d'une tuyauterie haute énergie RCV agressant une tuyauterie TEG en pression et une tuyauterie REN sans remise en cause de la gestion des transitoires associés ni du confinement. Ce scénario enveloppe constitue un cumul de deux transitoires de type PCC 15.2.3q de « rupture d'une ligne transportant du réfrigérant primaire hors de l'enceinte » et d'un transitoire de type PCC 15.2.3k « défaillances dans les systèmes de traitement des effluents liquides et gazeux ». Les conséquences de la RTHE dans le

BK sont considérées enveloppées par le cumul des conséquences de ces PCC, cf. paragraphe 3.13 du sous-chapitre 15.3 et paragraphe 3.10 du sous-chapitre 15.3 respectivement.

Ce scénario, qui est un cumul de transitoires de type PCC, est considéré comme étant improbable (fréquence $<3.10^{-2}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. § 1.), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont réputées acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

- **Scénario enveloppe dans les BAS**

Une RTHE dans les BAS peut initier des brèches sur les systèmes contenant un terme source radioactif suivants : RIS et REN. Bien que ces deux circuits puissent transiter dans les mêmes locaux, le scénario d'agression enveloppe est la rupture du système RIS.

En effet, les volumes de fluide primaire mobilisés lors d'une brèche simultanée des systèmes RIS et REN restant inférieurs ou égaux à ceux du PCC 15.2.4q « brèche isolable sur le système RIS en mode RA ($\leq DN250$), à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte (états C à E) » sans remise en cause des fonctions de confinement ni des moyens de mitigation. Les conséquences radiologiques de ce scénario sont couvertes par ce PCC, cf. paragraphe 4.13 du sous-chapitre 15.3.

Ce scénario est considéré comme étant hautement improbable (fréquence $<10^{-4}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. § 1.), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont réputées acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

- **Scénario enveloppe dans le BAN et dans le BTE**

Une RTHE dans le BAN est susceptible d'initier des brèches sur les systèmes contenant un terme source radioactif suivants : RCV, REN, TEG, TEP. Des portions de ces systèmes transitant dans des locaux communs, ils sont considérés rompus simultanément en première approche.

Une RTHE dans le BTE est susceptible d'initier des brèches sur le système TEU contenant un terme source radioactif.

Pour chacun de ces bâtiments, la RTHE ne remet en cause ni les fonctions de confinement ni les moyens de gestion requis. Les conséquences radiologiques du scénario dans chaque bâtiment sont couvertes par celles du PCC 15.2.4s de « défaillance multiple des systèmes dans le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et dans le Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE) sous séisme », cf. paragraphe 4.15 du sous-chapitre 15.3.

Ces scénarios sont considérés comme étant hautement improbable (fréquence $<10^{-4}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. § 1.), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont réputées acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

2.1.2.2. Explosion interne

L'analyse déterministe de l'agression Explosion Interne montre que le risque d'explosion liée à une dilution homogène est écarté par des dispositions visant à prévenir l'agression.

Quant à l'hypothèse de dilution hétérogène décrite à la section 3.4.6 du RDS, l'explosion interne propre aux BAN et BK ne mobilise pas directement de terme source.

- **Scénario enveloppe dans le BK**

Dans ce bâtiment, les transitoires susceptibles d'être initiés sur la chaudière sont enveloppés, en termes de fréquence et de conséquences radiologiques, par celles des scénarios RTHE.

A ce titre et conformément à la méthode (cf. paragraphe 1 de la section 3.3.9), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont considérées comme acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

- **Scénario enveloppe dans le BAN**

Dans ce bâtiment, les transitoires susceptibles d'être initiés sont enveloppés :

- en termes de fréquence par celles des scénarios RTHE ;
- en termes de conséquences radiologiques, par celles des scénarios incendie.

A ce titre et conformément à la méthode (cf. paragraphe 1 de la section 3.3.9), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont considérées comme acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

2.1.2.3. Scénarios associés à l'agression « incendie »

Intrinsèquement, l'incendie ne mobilise pas directement de terme source, puisqu'il n'initie pas de brèche. En revanche, cette agression peut générer des transitoires de types PCC2 ou 3 (cf. section 3.4.7 du RDS) dont les limites ne sont pas remises en cause par l'agression. Par ailleurs, les limites des études PCC cumulées à un incendie indépendant sont garanties.

Dans le BAN et le BTE, aucun transitoire n'est initié.

Les conséquences radiologiques de ces scénarios sont couvertes par celles du PCC2 « perte du vide au condenseur », cf. paragraphe 2.6 du sous-chapitre 15.3 ; celles du transitoire de type PCC3 sont couvertes par celles du PCC 15.2.3s « perte d'un train de refroidissement du PTR ou d'un système support du PTR (état F) », cf. paragraphe 3.15 du sous-chapitre 15.3.

2.1.2.4. Scénarios associés à l'agression « inondation interne »

L'initiateur de l'inondation peut être une brèche sur un circuit véhiculant du fluide radioactif, cf. section 3.4.8 du RDS. Ces brèches sont alors couvertes par les accidents associés de brèche sur les circuits véhiculant du fluide radioactif, à condition que les moyens de mitigation valorisés dans les études PCC ne soient pas remis en cause par les agressions et en particulier ceux relatifs au confinement.

- Scénario enveloppe dans le BR

Les systèmes initiateurs d'inondation et véhiculant du terme source radioactif dans le BR sont ceux véhiculant du réfrigérant primaire (RCP, REN, RCV, RIS, parties du RBS connectées au RIS).

Le scénario d'agression enveloppe est une brèche sur la décharge du système RCV sans remise en cause des moyens de gestion y compris de confinement. Les conséquences radiologiques de ce scénario sont couvertes par celles du PCC 15.2.4f « APRP grosse brèche et brèche intermédiaire (états A et B) », cf. paragraphe 4.6 du sous-chapitre 15.3.

Ce scénario est considéré comme étant hautement improbable (fréquence $< 10^{-4}/a/r$). A ce titre et conformément à la méthode (cf. § 1.), les conséquences radiologiques du scénario enveloppe sont réputées acceptables puisque couvertes par celles de cette étude préexistante.

- Scénario enveloppe dans les autres bâtiments

Les systèmes véhiculant du fluide radioactif liquide sont répartis comme suit :

- BK : RCV, REN ;
- BAS : RIS, lignes REN prélevant sur le RIS ;
- BAN : REN, TEP, RCV ;
- BTE : TEN, TEU.

Une inondation dans le BTE initiée par le système TEN est couverte par une inondation initiée par le système TEU ; ce dernier scénario représentant alors le scénario d'agression enveloppe. Pour autant, il n'initie aucun transitoire de type PCC. Pour les autres bâtiments, les scénarios d'inondation peuvent initier des transitoires de type PCC2 sans remise en cause des moyens de gestion y compris de confinement.

Les conséquences radiologiques de ces scénarios de type PCC2 sont couvertes par celles du PCC 15.2.2g « perte du vide au condenseur », cf. paragraphe 2.6 du sous-chapitre 15.3.

3.5 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES SISMIQUES DE CATÉGORIE 1

3.5.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ ET BASES DE CONCEPTION DES STRUCTURES DE CATÉGORIE 1

3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU MÉTALLIQUE

3.5.2 TRAVERSÉES DE L'ENCEINTE

3.5.3 STRUCTURES INTERNES EN BÉTON ET EN ACIER

3.5.4 AUTRES OUVRAGES CLASSÉS SISMIQUES CATÉGORIE I

3.5.5 FONDATIONS

SOMMAIRE

.3.5.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ ET BASES DE CONCEPTION DES STRUCTURES DE CATÉGORIE1	4
1. INTRODUCTION	4
2. OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL CONCERNÉS	4
2.1. LE BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)	5
2.2. LE BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)	6
2.3. LE BÂTIMENT DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE (BAS)	6
2.4. LE BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)	6
2.5. LES OUVRAGES COMMUNS À L'ILOT NUCLÉAIRE	6
2.6. LE BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (BTE)	7
2.7. LE BÂTIMENT DE DIESELS (BD)	7
2.8. LA STATION DE POMPAGE (SP)	7
2.9. LES GALERIES NUCLÉAIRES (GN) ET OUVRAGES ASSOCIÉS	7
3. DÉMARCHE ET HYPOTHÈSES DE CONCEPTION	7
3.1. LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE RÉFÉRENCE	8
3.2. LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT AVEC DÉFAILLANCES MULTIPLES (RRC-A) ET LES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR (ACCIDENT GRAVE)	8
3.3. LES AGRESSIONS INTERNES	9
3.4. LES AGRESSIONS EXTERNES	9
3.5. PRISE EN COMPTE DE MARGES	9
4. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET INTÉGRATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ	10
4.1. INTÉGRATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ EPR DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES	10
4.1.1. LES SITUATIONS NORMALES	10
4.1.2. LES SITUATIONS EXCEPTIONNELLES	10
4.1.3. LES SITUATIONS ACCIDENTELLES	11
4.1.4. FONCTIONS ATTENDUES DES OUVRAGES APRÈS APPLICATION DES SOLLICITATIONS	12

4.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DU BÂTIMENT RÉACTEUR	12
4.3. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX AUTRES OUVRAGES DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE	13
4.4. EXIGENCES DE COMPORTEMENT ASSOCIÉES POUR LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL	14
4.4.1. MATÉRIAUX	16
4.4.2. NIVEAUX DE PERFORMANCES EXIGÉES POUR LES STRUCTURES	16
4.4.3. PEAU ET PIÈCES MÉTALLIQUES PARTICIPANT AU CONFINEMENT	18
4.4.4. PISCINES ET BÂCHES DE RÉTENTION	19
4.4.5. STRUCTURES MÉTALLIQUES	19
4.4.6. RÉALISATION ET ESSAIS	20
4.5. SITUATION VIS-À-VIS DES RFS	20

TABLEAUX :

TAB-3.5.0.1	TABLEAU DE CARACTÉRISATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DU BÂTIMENT RÉACTEUR	22
TAB-3.5.0.2	TABLEAU DE CARACTÉRISATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DES BÂTIMENTS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE HORS BR	23
TAB-3.5.0.3	TABLEAU DES CUMULS DE CHARGEMENTS	24
TAB-3.5.0.4	SOMMAIRE DE L'ETC-C	25

FIGURES :

FIG-3.5.0.1	PRINCIPE D'INSTALLATION DES OUVRAGES DE L'EPR.....	26
FIG-3.5.0.2	COUPE SCHÉMATIQUE DES OUVRAGES DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE DE L'EPR	27
FIG-3.5.0.3	COURBES CARACTÉRISTIQUES DES SPECTRES SISMIQUES	28
FIG-3.5.0.4	DIAGRAMME DE CHARGEMENT DE L'AVIATION MILITAIRE	29
FIG-3.5.0.5	DIAGRAMME DE CHARGEMENT DE L'ONDE DE SURPRESSION	30
FIG-3.5.0.6	COURBES CARACTÉRISTIQUES DES CHARGEMENTS DE L'ENCEINTE INTERNE	31

.3.5.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ ET BASES DE CONCEPTION DES STRUCTURES DE CATÉGORIE1

1. INTRODUCTION

Les ouvrages de génie civil doivent assurer une double fonction :

- d'une part protéger l'installation vis à vis de l'ensemble des agressions auxquelles elle peut être soumise et en particulier les agressions externes,
- d'autre part protéger l'environnement vis à vis de l'ensemble des situations accidentelles non pratiquement éliminées et en particulier restreindre les mesures de protection prises dans les situations les plus graves.

Avec des niveaux de chargement retenus sur EPR plus élevés que pour le parc en exploitation :

- Concernant les événements internes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte d'une situation de fusion du cœur à basse pression avec des marges permettant de couvrir les incertitudes dans la connaissance de ces phénomènes.
- Concernant les événements externes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte de chargements plus sévères qu'ils soient dus à des phénomènes naturels tels que le séisme ou les évolutions climatiques ou qu'ils soient dus à l'activité humaine tels que l'explosion et la chute d'avion.

Les exigences de sûreté applicables au dimensionnement des ouvrages classés de sûreté et dont le code ETC-C est la traduction technique dans le domaine du génie civil sont identifiées et mises en œuvre au travers des étapes suivantes :

- recensement des ouvrages concernés et identification des différentes composantes des ouvrages sur lesquels des exigences particulières peuvent s'appliquer,
- identification des différentes « conditions de dimensionnement » des ouvrages issues d'une part du fonctionnement du réacteur et d'autre part des agressions auxquelles ils sont susceptibles d'être soumis,
- application des « conditions de dimensionnement » aux différentes composantes des ouvrages et identification des exigences de sûreté applicables à chacune d'elles,
- déclinaison des exigences de sûreté dans le dimensionnement des ouvrages de génie civil et dans la définition des exigences de comportement associées.

Il est à noter que le présent chapitre ne s'intéresse qu'au dimensionnement des ouvrages. En particulier la fonction « confinement » n'est traitée ici qu'au travers des ouvrages de génie civil et des structures métalliques associées. Ainsi, les systèmes qui interviennent dans cette fonction (tuyauteries, ventilations, ...) sont traités dans le chapitre 6 et le chapitre 9. La problématique associée, en particulier la notion de bypasses du confinement, est traitée dans la section 19.2.4.

2. OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL CONCERNÉS

Les ouvrages de génie civil auxquels s'appliquent les exigences de sûreté sont ceux qui assurent un rôle vis à vis des trois fonctions fondamentales que sont la maîtrise de la réactivité, le refroidissement du combustible et le confinement des substances radioactives. Ce sont les ouvrages classés de sûreté de la catégorie I tels que définis au sous-chapitre 3.2, à savoir :

- les ouvrages abritant ou supportant des équipements remplissant une fonction classée F1 ou des composants susceptibles de contenir des substances radioactives, donc classés mécaniques M1, M2 ou M3 : le bâtiment réacteur (BR), le bâtiment combustible (BK) et les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS),

- les ouvrages abritant ou supportant uniquement des équipements remplissant une fonction classée F1 : les bâtiments des diesels (BD), la station de pompage (SP) et les galeries associées,
- les ouvrages abritant ou supportant uniquement des composants susceptibles de contenir des substances radioactives (classés mécaniques M1, M2 ou M3) : le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) et le bâtiment de traitement des effluents (BTE).

Parmi ces bâtiments, il est fait la distinction au niveau de leurs paramètres de dimensionnement entre :

- les bâtiments « standard » au niveau de leur conception indépendamment du site retenu pour leur implantation ; ce sont le BR, le BK, les BAS, le BAN et les bâtiments des diesels,
- les bâtiments « de site » dont la conception est spécifique à chaque site d'implantation ; ce sont le BTE, la station de pompage et l'ensemble du réseau de galeries.

Pour chacun des bâtiments concernés, il est fait le recensement des différentes composantes (structures, locaux, ...) sur lesquels des exigences particulières peuvent s'appliquer. Les schémas des figures [FIG-3.5.0.1](#) et [FIG-3.5.0.2](#) présentent de manière synthétique le positionnement relatif des différents bâtiments.

Nota : Il est à noter que si d'autres ouvrages non classés de sûreté font l'objet d'exigences particulières liées à la sûreté (par exemple au titre du classement SC2), celles-ci sont alors décrites dans des documents spécifiques.

2.1. LE BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)

Le BR est composé d'une enceinte double et comprend :

- une enceinte interne en béton précontraint équipée sur la face interne d'une peau métallique en acier noir recouvert d'une peinture (peau noyée dans le béton en partie inférieure au niveau de la limite radier/structure interne du BR). Cette enceinte est équipée de traversées électriques et mécaniques dont la principale est l'accès matériel qui permet l'introduction des plus gros composants du circuit primaire. La structure béton de l'enceinte interne a pour rôle essentiel d'assurer la tenue à la pression et la température accidentelles de l'ouvrage, la peau métallique assurant quant à elle l'étanchéité,
- En terme d'installation interne, l'enceinte est séparée en deux zones (concept « two rooms ») pour permettre l'accès en puissance du personnel dans la partie supérieure du bâtiment réacteur. La zone la plus interne contient le circuit primaire et renferme en partie basse une réserve d'eau (bâche IRWST) de volume environ 1000 m^3 (variable selon les situations de fonctionnement) et équipée d'un revêtement en acier inox. Le volume libre laissé en partie basse par la réserve d'eau est destinée à permettre l'étalement et le refroidissement du corium en situation d'accident grave (cf. section 6.2.6 pour une description de la zone d'étalement et du puits de cuve),
- une enceinte externe destinée d'une part à protéger l'enceinte interne vis à vis de certaines agressions externes et d'autre part à assurer la récupération et le confinement dynamique des fuites de l'enceinte interne à l'aide du système de dépressurisation de l'espace entre enceinte,
- six tuyauteries « double enveloppe » assurant la liaison entre la réserve d'eau et les aspirations des pompes RIS et EVU situées dans les différentes voies de sûreté du BAS. Ces tuyauteries sont scellées dans le béton et doivent être inspectables pendant toute la durée d'exploitation du réacteur,
- En dehors de l'IRWST, le BR abrite également plusieurs rétentions considérées comme des piscines et utilisées lors des phases de déchargement / rechargement, à savoir :
 - la piscine réacteur,
 - la piscine de stockage des internes,
 - la piscine de transfert (en liaison via le tube de transfert avec la piscine de stockage combustible),

- la piscine des lances d'instrumentation.

2.2. LE BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)

Le BK comprend du point de vue de son installation trois parties distinctes qui sont :

- [] deux voies de sûreté totalement séparées et renfermant d'une part les systèmes de refroidissement du combustible usé et d'autre part une partie des systèmes servant au contrôle volumétrique du circuit primaire,
- [] la piscine de stockage temporaire du combustible usé ainsi que les bassins permettant d'une part le transfert du combustible neuf vers le bâtiment réacteur et d'autre part l'évacuation pour transport à l'extérieur du combustible usé,
- []. Ce hall se prolonge devant le tampon d'accès matériel du bâtiment réacteur et en constitue une protection physique. Il supporte de plus en toiture la cheminée d'évacuation des effluents gazeux en provenance du bâtiment des auxiliaires nucléaires.

2.3. LE BÂTIMENT DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE (BAS)

Le BAS est organisé en quatre divisions de sûreté. Celles-ci contiennent l'ensemble des systèmes et équipements mécaniques et électriques nécessaires à la maîtrise des situations prises en compte à la conception (systèmes ASG, RIS, RRI,...) ainsi que les systèmes supports associés, en particulier les ventilations. La salle de commande ainsi que les systèmes de contrôle-commande qui lui sont rattachés sont installés dans deux de ces divisions.

Sur le plan de l'installation, il convient de distinguer d'une part les trains situés entre le bâtiment réacteur et la salle des machines (trains 2 et 3) et d'autre part les trains situés de part et d'autre du bâtiment réacteur (trains 1 et 4) à la perpendiculaire de l'axe qu'il forme avec la salle des machines. Ces deux paires de trains se distinguent de la manière suivante :

- Les trains 2 et 3 [],
- Les trains 1 et 4 [].

Vis à vis de l'autonomie du réacteur, il est à signaler que la réserve d'eau ASG est répartie entre les quatre divisions du BAS sous la forme de quatre rétentions reliées entre elles par un collecteur.

2.4. LE BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES (BAN)

Le BAN n'abrite pas de système ou d'équipement nécessaire à la maîtrise des situations prises en compte à la conception et réalisant une fonction classée F1. Il contient des systèmes auxiliaires nécessaires à la chimie du circuit primaire qui peuvent potentiellement être contaminés. Sa structure doit assurer à ce titre une fonction de rétention des produits contenus en cas de défaillance des circuits et réservoirs qu'il contient.



D'un point de vue installation, ce bâtiment se distingue de la manière suivante : Il comprend [].

Sur le plan de l'installation, le BAN repose sur un radier qui lui est spécifique.

2.5. LES OUVRAGES COMMUNS À L'ÎLOT NUCLÉAIRE

Le radier et la coque de protection [] constituent deux ouvrages communs à l'ensemble ou à une grande partie de l'îlot nucléaire. Ils sont conçus sur le principe suivant :

- Le radier a une forme de croix d'une longueur d'environ [] m de côté. Il constitue le socle commun à l'ensemble du bâtiment réacteur et des bâtiments dits «périphériques», à savoir le bâtiment combustible et les quatre divisions du BAS. Sa fondation de forte épaisseur lui permet d'assurer la stabilité relative des bâtiments qu'il supporte. De plus, il intègre au niveau du bâtiment réacteur et dans un secteur de celui-ci le dispositif de récupération et de refroidissement du corium.

-  L'enceinte externe assure aussi cette même protection au niveau de son dôme ainsi que pour la partie supérieure verticale dépassant des toitures du BK et du BAS. Enfin les murs .



2.6. LE BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (BTE)

Le BTE renferme l'ensemble des équipements nécessaires au traitement des fluides contaminés avant rejet dans l'environnement ou stockage pour transport vers l'extérieur.

Sur le plan du principe, l'approche vis à vis de sa conception est similaire à celle du BAN, à savoir que, contenant des produits radioactifs issus du traitement de fluides contaminés, sa structure doit assurer à ce titre une fonction de rétention des produits contenus en cas de défaillance des circuits et réservoirs qu'il contient.



Sur le plan de l'installation, le BTE repose sur un radier qui lui est spécifique.


2.7. LE BÂTIMENT DE DIESELS (BD)

Les diesels sont installés dans 2 bâtiments situés de part et d'autre  à une distance leur assurant une séparation géographique suffisante . Chacun de ces deux bâtiments contient deux diesels de secours principaux (EDG) ainsi qu'un diesel d'ultime secours (SBO diesel). Les voiles internes de ces bâtiments sont dimensionnés de manière à éviter les risques de défaillance par mode commun de deux diesels.


Sur le plan de l'installation, chacun de ces bâtiments repose sur un radier qui lui est spécifique.

2.8. LA STATION DE POMPAGE (SP)

La station de pompage renferme l'ensemble des systèmes nécessaires au refroidissement de la tranche tant pour la partie de l'îlot nucléaire que pour la partie « classique » de l'installation. Elle comprend un ensemble de structures géniecivil (voiles béton et structures métalliques) et d'équipements permettant d'assurer la filtration grossière puis fine de l'eau de la source froide et son transfert vers les rus d'eau des pompes chargées d'alimenter les différents consommateurs. Sur le plan de l'installation, elle comprend quatre divisions séparées entre elles par des voiles les préservant des modes communs (en particulier l'inondation) et alimentées par des systèmes de filtration diversifiés. La protection de la station de pompage contre la chute d'avion militaire . Les Divisions 1 et 4 de cet ouvrage .

A la station de pompage est annexé un ouvrage de rejet qui a pour rôle d'une part de permettre le rejet en mer des eaux de refroidissement de la tranche (îlots nucléaire et classique) après utilisation et d'autre part d'assurer la réserve en eau du système d'incendie. Sur le plan de l'installation, il repose sur un radier distinct de celui de la station de pompage. Les zones de l'ouvrage de rejet nécessaires à la bonne tenue structurelle des exutoires SEC/SRU et les bâches incendie , ainsi que les gaines de ventilation desservant les pompes incendie dans l'ouvrage.

2.9. LES GALERIES NUCLÉAIRES (GN) ET OUVRAGES ASSOCIÉS

Ce sont les galeries enterrées qui contiennent des systèmes classés F1. En tant qu'ouvrages enterrés, elles répondent sur le plan de leur implantation géographique aux critères relatifs à la protection contre les modes communs vis à vis des agressions .

3. DÉMARCHE ET HYPOTHÈSES DE CONCEPTION

La conception des ouvrages repose sur la prise en compte des différentes sollicitations tant internes qu'externes auxquelles ceux-ci peuvent être soumis durant la durée de vie de l'installation. Les « conditions de dimensionnement » des ouvrages et ces sollicitations résultent des événements pris en compte dans la démarche de sûreté de l'EPR, à savoir :

- les conditions de fonctionnement de référence (PCC1 à PCC4),

- les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (RRC-A) et les accidents avec fusion du cœur (accident grave),
- les agressions internes,
- les agressions externes,
- les situations étudiées au titre de la défense en profondeur et permettant aux ouvrages de génie civil de bénéficier de marges dans leur conception.

Le détail des conditions de dimensionnement figure dans les paragraphes suivants.

3.1. LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE RÉFÉRENCE

Quatre catégories de conditions de fonctionnement sont retenues pour la conception des ouvrages qui résultent de :

L'exploitation normale de l'installation. Elle correspond aux six états du réacteur (repérés A à F) de la catégorie PCC1 et comprend les conditions de dimensionnement représentatives de :

- la durée technique d'exploitation de l'installation prévue pour 60 ans,
- les conditions d'ambiance (température, pression, irradiation) régnant à l'intérieur des ouvrages pour le fonctionnement en puissance du réacteur,
- les conditions d'ambiance (température, pression, irradiation) régnant à l'intérieur des ouvrages pour les états d'arrêt du réacteur,
- les conditions résultant des différentes vérifications périodiques (épreuves, essais périodiques, ...).

Les conditions de dimensionnement dues à l'exploitation normale de l'installation doivent de plus tenir compte des situations environnementales « normales » (vent, nappe phréatique, ...) auxquelles est soumise l'installation.

Les transitoires incidentels ou accidentels du réacteur. Ils correspondent aux différents initiateurs retenus dans la liste des transitoires de référence (PCC2 à 4) et comprennent les conditions de dimensionnement représentatives :

- des conditions d'ambiance (température, pression, irradiation) représentatives des transitoires susceptibles de se produire lors du fonctionnement à pleine puissance du réacteur,
- des conditions d'ambiance (température, pression, irradiation) représentatives des transitoires susceptibles de se produire lors des états d'arrêt du réacteur.

3.2. LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT AVEC DÉFAILLANCES MULTIPLES (RRC-A) ET LES ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR (ACCIDENT GRAVE)

Pour les situations de la catégorie A de réduction du risque (RRC-A), les conditions résultant des transitoires correspondants sont enveloppées par celles résultant des transitoires accidentels de référence (PCC4). Les conditions RRC-A ne constituent pas des cas de charge pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil.

Pour les situations d'accident grave, les conditions de dimensionnement des ouvrages doivent être représentatives des conditions d'ambiance (température, pression, irradiation) résultant des scénarios de fusion cœur à basse pression servant de base à la démonstration de sûreté ainsi que des phénomènes qu'ils induisent (combustion et déflagration d'hydrogène). En complément des conditions ainsi déterminées, une marge est prise en compte à la conception de l'enceinte pour couvrir d'hypothétiques scénarios susceptibles de dépasser les conditions de pression atteinte pour les scénarios servant de base à la démonstration de sûreté. Les courbes caractéristiques retenues comme hypothèses pour la conception de l'enceinte interne sont fournies en figure [FIG-3.5.0.6](#).

3.3. LES AGRESSIONS INTERNES

Les agressions retenues pour la conception des ouvrages de génie civil sont :

- les ruptures de tuyauteries haute énergie (RTHE),
- les inondations internes,
- les missiles,
- les chutes de charge,
- l'incendie.

3.4. LES AGRESSIONS EXTERNES

Les agressions considérées pour la conception des ouvrages de génie civil sont :

- les séismes sous la forme de deux catégories différentes, à savoir le séisme de dimensionnement d'une part et le séisme d'inspection d'autre part,
- les chutes d'avion, sous la forme de trois cas de charge représentatifs des catégories de l'aviation civile, militaire et commerciale, le cas de l'aviation commerciale faisant l'objet d'un dossier séparé,
- les explosions externes,
- les remontées de nappe phréatique,
- les inondations externes,
- les conditions météorologiques exceptionnelles (température, neige, vent, ...).

Vis-à-vis de l'exhaustivité des agressions considérées, il est à noter que la foudre et les interférences électromagnétiques sont prises en compte dans la conception des ouvrages au travers de dispositions constructives.

3.5. PRISE EN COMPTE DE MARGES

La démarche de conception des ouvrages de génie civil de l'EPR intègre des marges par rapport aux scénarios identifiés :

- Vis-à-vis des événements internes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte d'une situation de fusion du cœur à basse pression avec des marges permettant de couvrir les incertitudes dans la connaissance de ces phénomènes.
- Vis-à-vis des événements externes, le dimensionnement des ouvrages doit tenir compte de chargements plus sévères qu'ils soient dus à des phénomènes naturels tels que le séisme ou les évolutions climatiques ou qu'ils soient dus à l'activité humaine tels que l'explosion et la chute d'avion.

De plus est pris en compte à la conception d'une part la rupture doublement débattue du circuit primaire principal (2A - LOCA) et d'autre part le cumul de l'accident de rupture du circuit primaire (jambe d'expansion du pressuriseur du circuit primaire - SLB LOCA) avec le séisme de dimensionnement, cumul ayant pour objectif de procurer des marges dans le dimensionnement de la partie basse de l'enceinte interne.

4. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET INTÉGRATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ

4.1. INTÉGRATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ EPR DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES

La prise en compte des exigences de sûreté dans le dimensionnement des ouvrages EPR nécessite de répartir les hypothèses de conception (présentées dans les § 3.1. à § 3.5.) dans l'une des trois catégories de situations selon leur caractère normal, exceptionnel ou accidentel.

4.1.1. LES SITUATIONS NORMALES

Les exigences sont définies par l'aptitude à assurer le fonctionnement du réacteur dans des conditions environnementales fréquentes ainsi que la protection et le supportage du matériel pendant la durée prévisible d'exploitation de la tranche.

Les situations normales sont considérées comme représentatives des différentes conditions d'exploitation du réacteur dans les limites définies par les spécifications techniques. Cela se traduit au niveau des chargements exercés sur les bâtiments :

- en terme d'ambiance interne par les valeurs de pression et température associées à aux différents états A à F du réacteur,
- par les efforts dus aux fluides contenus dans le CPP, la bache IRWST, les bâches ASG, les bidons du BAN, etc., ces efforts étant exercés en particulier au niveau du radier et des planchers supports intermédiaires,
- pour les conditions environnementales extérieures par les valeurs « normales » de température de l'air et du sol ainsi que par les valeurs fréquentes de la neige et du vent et le niveau moyen de la nappe phréatique.

4.1.2. LES SITUATIONS EXCEPTIONNELLES

Les situations exceptionnelles correspondent aux cycles de fonctionnement de l'installation ainsi qu'aux conditions d'ambiance interne et externe qui peuvent être rencontrées de façon quasi certaine a minima une fois dans la durée de vie de la tranche. Les exigences sont associées à une capacité de résistance pour les structures et d'intégrité pour les rétentions. Cela se traduit au niveau des bâtiments :

- en terme d'ambiance interne par les plages de pression et température associées aux transitoires de référence (PCC2),
- pour les efforts exercés sur les structures externes des bâtiments ainsi que sur les planchers supports intermédiaires, d'une part par les mouvements des fluides contenus dans les principaux circuits, piscines, réservoirs, etc. et d'autre part par la réalisation des essais et épreuves périodiques (épreuve initiale et périodique de l'enceinte interne par exemple),
- vis-à-vis des actions climatiques, par la prise en compte :
 - des efforts dus au poids de la neige et à la présence du vent selon la méthodologie définie dans les règlements nationaux,
 - des conditions d'ambiance extérieure (températures extrêmes de type grands froids) stabilisées à un niveau tel qu'elles peuvent conduire à des contraintes notables dans les ouvrages de génie civil,
 - de la poussée de la nappe phréatique selon le plus haut niveau d'eau susceptible d'être rencontré sur une période correspondant à la durée de vie de la tranche.

En complément de cette approche, il est considéré dans le dimensionnement des ouvrages et structures un niveau sismique appelé «séisme d'inspection». La conception des ouvrages doit être

telle qu'un séisme inférieur ou égal à ce niveau ne provoque aucun dommage sur l'installation et que celle-ci puisse redémarrer (si elle a été mise à l'arrêt) sans inspection.

4.1.3. LES SITUATIONS ACCIDENTELLES

Les situations accidentelles correspondent aux situations qui ne doivent pas être rencontrées durant la durée de vie de l'installation mais qui sont néanmoins considérées dans le dimensionnement au titre de la sûreté et plus particulièrement de la démarche de défense en profondeur. Dans ce cas, il est admis des déformations irréversibles des structures. Cette approche se traduit au niveau des bâtiments :

- par la prise en compte de valeurs de séisme de dimensionnement enveloppe des exigences définies dans la RFS 2001-01 pour l'ensemble des bâtiments de la partie « standard » et de la partie « site »,
- par la prise en compte de l'impact d'avion de l'aviation civile, militaire et commerciale [1]. Les courbes retenues pour le projet (aviation militaire) sont présentées en figure [FIG-3.5.0.4](#),
- par la prise en compte sur l'ensemble des bâtiments des efforts dus à une explosion externe (caractérisée par un front d'onde tel que présenté dans la figure [FIG-3.5.0.5](#)) et pour les structures porteuses ainsi que les ouvrages en frontière des secteurs de feu des efforts générés par un incendie,
- par la prise en compte des efforts dus aux ruptures des tuyauteries haute énergie (RTHE) et à l'éjection de projectiles internes,
- en termes d'ambiance interne aux bâtiments par les plages de pression et température associées aux incidents et accidents de référence (PCC3 et 4) ainsi que celles associées aux conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (RRC-A).

Pour le cas particulier du Bâtiment Réacteur, les exigences découlent notamment du respect de l'objectif de limiter les conséquences radiologiques des situations accidentelles (voir paragraphe 0 du sous-chapitre 15.3 et paragraphe 0 de la section 19.2.3 du RDS). A titre de découplage, un ensemble cohérent d'exigences de conception est retenu entre :

- le taux de fuite de l'enceinte interne,
- le taux de fuite de l'enceinte externe,
- les performances du système EDE,

afin de garantir l'existence d'une période de grâce pendant laquelle l'espace entre-enceinte reste en dépression après l'arrêt du système de ventilation de cet espace.

Le taux de fuite maximal de l'enceinte interne en situation accidentelle est fixé à [1] %/j de la masse de gaz contenue dans le volume délimité par l'enceinte interne sous une pression de 0,55 MPa absolu.

Les situations accidentelles considérées résultent :

- de la rupture guillotine doublement débattue de la tuyauterie du circuit primaire principal (2A - LOCA),
- des situations d'accidents graves avec fusion du cœur (accident grave) y compris les efforts dus aux déflagrations locales d'hydrogène. Cela se traduit par la vérification par calcul de l'étanchéité de l'enceinte interne à une pression maximale de [1] MPa absolu, associé à une température maximale de [1] °C,
- du cumul de la rupture de la jambe d'expansion du pressuriseur avec le séisme de dimensionnement (SLB LOCA + DE), situation conventionnelle de calcul.

Afin de vérifier l'aptitude au confinement de l'enceinte dans des situations accidentelles, un essai de résistance initial et des essais périodiques d'étanchéité sont exigés. Du point de vue du dimensionnement de l'enceinte et sachant que l'essai d'étanchéité est destiné à être effectué à

plusieurs reprises durant la vie de l'installation, les conditions de cet essai sont considérées comme des situations exceptionnelles.

4.1.4. FONCTIONS ATTENDUES DES OUVRAGES APRÈS APPLICATION DES SOLLICITATIONS

Pour les besoins de la démarche, les exigences de sûreté attendues pour chacun des ouvrages de génie civil concernés par les différentes situations tiennent compte du comportement réversible ou irréversible des structures après application des sollicitations permanentes, variables ou accidentelles. Les fonctions attendues après sollicitations sont définies et symbolisées de la manière suivante :

- A_B : aptitude au service pour les parois en béton. L'application de contraintes résultant d'une sollicitation particulière ne doit pas modifier le comportement ultérieur de l'ouvrage tout au long de sa durée de vie. L'ouvrage doit rester adapté à l'usage pour lequel il a été conçu,
- R_B : capacité de la paroi béton à résister à la sollicitation appliquée. Des déformations permanentes peuvent être admises dans la mesure où la structure concernée reste stable et conserve sa capacité à supporter les équipements qui lui sont rattachés,
- C : capacité de confiner des substances radioactives. Cela concerne principalement la paroi interne de l'enceinte, pour laquelle un taux de fuite maximal est retenu à titre de découplage,
- A_M : aptitude au service de la structure métallique comprenant notamment son intégrité. Une absence de déchirure est exigée pour les revêtements mais sans critère de fuites associé,
- R_M : capacité de résistance pour les traversées en situation accidentelle. Des déformations permanentes peuvent être admises dans la mesure où leur fonctionnalité reste assurée,
- E : étanchéité des rétentions de fluide. La capacité des rétentions est à assurer en toutes situations même si les rétentions concernées peuvent subir des déformations permanentes.

Des sous fonctions peuvent être définies pour certains ouvrages telles que :

- C^* : le confinement à assurer requiert le fonctionnement de systèmes de ventilation,
- C^{**} : le type de confinement recherché est à préciser en liaison avec les objectifs de limitation des conséquences radiologiques,
- E^* : l'étanchéité recherchée □ du bâtiment concerné.

Les tableaux [TAB-3.5.0.1](#) et [TAB-3.5.0.2](#) font apparaître les différentes fonctions attendues pour chacune des composantes des ouvrages de l'îlot nucléaire sur la base des sollicitations auxquelles ils peuvent être soumis, sollicitations classées en normal (N), exceptionnel (Ei) ou accidentel (Ai).

4.2. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DU BÂTIMENT RÉACTEUR

La double enceinte doit être conçue pour assurer le confinement des substances radioactives en toutes situations normales ou accidentelles envisagées. Elle doit :

- permettre les accès et l'évacuation du personnel et des matériels en fonctionnement normal,
- résister aux chargements dus aux effets de pression, thermique et mécanique résultant des situations décrites ci-avant et des conditions environnementales,
- être apte à subir les essais d'étanchéité et de résistance.

Le tableau [TAB-3.5.0.1](#) constitue la présentation synthétique des exigences applicables aux différentes parties constitutives de l'ouvrage et aux principales structures métalliques. Les éléments communs à plusieurs bâtiments (□) sont inclus dans ce tableau. Les principales exigences à prendre en compte dans la conception du BR sont :

- Au niveau de la paroi béton de l'enceinte interne, son aptitude au service (symbolisée A_B) doit être garantie pour les différents états réacteur (états A à F - en tenant compte des efforts générés par la précontrainte), pour les transitoires de référence (PCC2) ainsi que pour un séisme du niveau du séisme d'inspection. De même, les essais de réception et les épreuves périodiques ne

doivent pas en modifier les caractéristiques ni la capacité de la peau métallique à assurer sa fonction de confinement (symbolisée C).

- Pour les situations accidentelles, la résistance de l'enceinte interne (symbolisée R_B) doit être assurée pour un séisme du niveau du séisme de dimensionnement ainsi que pour un chargement correspondant aux accidents de référence (PCC3/4). De même, cette résistance doit être assurée pour les chargements provoqués par des situations de fusion du cœur à basse pression, déflagration d'hydrogène comprise. Enfin cette même exigence s'applique pour les aspects formels de la démarche que sont la rupture guillotine de la tuyauterie primaire (2A - LOCA) et cumul des ruptures du circuit primaire avec les chargements dus au séisme.
- Au niveau des structures internes du BR, les exigences sont similaires à celles de l'enceinte interne à l'exception des essais en pression (qui ne génèrent pas de chargements sur ces structures). Vis à vis des chargements pris en compte au titre de la démarche de défense en profondeur, le dimensionnement des structures internes tient compte, dans la détermination des efforts statiques à considérer, d'une part de la rupture guillotine de la tuyauterie primaire (2A - LOCA) et d'autre part du cumul de la rupture de la jambe d'expansion du pressuriseur du circuit primaire avec les chargements dus au séisme (SLB LOCA + DE).
- Concernant l'enceinte externe, la démonstration porte sur sa capacité à admettre les sollicitations externes qu'elles soient d'origine humaine ou naturelle. L'aptitude au service (symbolisée A_B) est exigée pour les sollicitations dues aux phénomènes météorologiques (neige, vent, températures extrêmes, ...) ainsi que pour un séisme du niveau du séisme d'inspection. Sa résistance (symbolisée R_B) doit être assurée pour un séisme du niveau du séisme de dimensionnement ainsi que pour les chargements correspondant à l'impact d'un avion et à l'explosion externe. De plus, au titre de la prévention des rejets en situation accidentelle, la conception de l'enceinte externe doit être telle qu'elle permette de maintenir une dépression dans l'espace entre enceinte pendant une période de grâce sans fonctionnement du système de ventilation de cet espace (exigence symbolisée $A_B + C$)¹. Enfin elle doit être en mesure de résister localement aux effets d'une rupture de tuyauterie haute énergie.
- Concernant le radier, les exigences qu'il doit satisfaire sont adaptées aux bâtiments qu'il supporte, sachant que leur protection étanche (symbolisée E) vis à vis de la nappe phréatique constitue une exigence commune. Son aptitude au service (symbolisée A_B) doit être démontrée pour des sollicitations similaires à celles considérées pour l'enceinte interne. Sa résistance (symbolisée R_B) doit être assurée en situation de séisme de dimensionnement \square . Au droit de l'enceinte, sa résistance doit être assurée pour le cumul du séisme et de la rupture du circuit primaire ainsi que pour les situations de fusion du cœur à basse pression. La fissuration du radier étant considérée comme préjudiciable vis à vis de ces dernières situations, il est recherché une limitation des ouvertures de fissure.
- La peau métallique et les traversées constituent l'enveloppe interne de l'enceinte. Le confinement (symbolisé C) associé à l'intégrité mécanique (symbolisée A_M) constitue leur exigence commune et doit être assuré pour les différents états réacteur (états A à F), pour les transitoires de référence (PCC2) et pour un séisme du niveau du séisme d'inspection. Les essais de réception et essais périodiques permettent de vérifier le respect des critères relatifs aux taux de fuite. Pour l'ensemble des situations accidentelles, la capacité de la peau et des traversées à assurer le confinement (symbolisé C) constitue l'exigence associée.
- Au niveau des piscines internes au BR, leur étanchéité sous les différentes sollicitations constitue l'exigence à respecter. La principale différence entre les deux ouvrages se situe au niveau des situations accidentelles PCC3/4 qui concerne le dimensionnement de la seule bache IRWST.

4.3. EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES AUX AUTRES OUVRAGES DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE

Le tableau [TAB-3.5.0.2](#) constitue la présentation synthétique des exigences applicables aux différents bâtiments ou parties de bâtiments de l'îlot nucléaire hors bâtiment réacteur. Les principales exigences à prendre en compte dans leur conception sont :

1. La durée pendant laquelle l'espace entre enceintes serait maintenu en dépression après l'arrêt du système EDE doit être précisée et justifiée.

- , leur aptitude au service (symbolisée A) doit être garantie pour les différents états réacteur (états A à F), pour les transitoires de référence (PCC2) ainsi que pour un séisme du niveau du séisme d'inspection. Vis à vis des situations accidentelles, leur résistance (symbolisée R) doit être assurée pour un séisme du niveau du séisme de dimensionnement ainsi que pour un chargement correspondant aux accidents de référence (PCC3/4) susceptibles de se produire dans ces bâtiments. De plus pour ces derniers, la recherche d'un confinement adapté constitue une exigence qui repose en particulier sur l'existence d'un système de ventilation.
- des exigences liées à la prise en compte des agressions externes . Vis à vis de leurs structures internes, ces deux divisions renferment les locaux pour lesquels des exigences particulières sont à prendre en compte du fait des conditions dans lesquelles les équipements qu'ils renferment sont appelés à fonctionner, à savoir :
 -
 - leur résistance et leur capacité à assurer un confinement (symbolisée R / C**) en cohérence avec les objectifs de limitation des conséquences radiologiques. Cela se traduit par la prise en compte d'un taux de fuite statique des bâtiments périphériques (ventilations hors service) fixé à la valeur conservative de 0,5 vol/j.
- Concernant le bâtiment des auxiliaires nucléaires et le bâtiment de traitement des effluents, leur exigence d'aptitude au service (symbolisée A) est similaire à celle appliquée aux divisions du BAS avec une exigence complémentaire portant sur la prise en compte de la nappe phréatique. Vis à vis des situations accidentelles, seules leurs structures externes font l'objet d'une exigence de résistance et d'étanchéité en partie basse au niveau de leur cuvelage pour les situations que sont le séisme, les explosions et les PCC3/4.
-
- Concernant la station de pompage et les bâtiments des diesels, leurs exigences sont pratiquement identiques, à savoir qu'ils doivent être aptes à assurer leur service pour l'ensemble des situations exceptionnelles et doivent résister aux agressions que sont le séisme et l'explosion. . Dans le cas de la station de pompage, l'exigence de résistance s'applique à la partie de l'ouvrage renfermant les systèmes de refroidissement des divisions de l'îlot nucléaire.
- Enfin, concernant les rétentions contenues dans les bâtiments de l'îlot nucléaire, elles sont considérées comme des compartiments vidangeables ou non. Leur aptitude au service doit être assurée pour les différents états réacteur (états A à F), pour les transitoires de référence (PCC2) ainsi que pour un séisme pouvant aller jusqu'au niveau du séisme de dimensionnement. La distinction entre la possibilité de vidanger ou non ces compartiments introduit une exigence particulière d'étanchéité pour les situations accidentelles (PCC3 ou RRC-A) dans lesquels ces compartiments peuvent être requis.

4.4. EXIGENCES DE COMPORTEMENT ASSOCIÉES POUR LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

L'ETC-C (EPR Technical Code for Civil Works) constitue le code servant de base à la conception et la réalisation des ouvrages de génie civil classés de sûreté. Il traite de la conception, de la réalisation et des essais. Le sommaire des trois parties est donné en tableau [TAB-3.5.0.4](#).

Son contenu technique intègre la nécessité de définir, lors de la phase de conception et de dimensionnement des ouvrages de génie civil, les exigences de comportement qui sont attribuées aux éléments structuraux les constituant. Ces exigences de comportement sont fonction de la participation de ces éléments à la sûreté de l'installation (par exemple le confinement des matières nucléaires ou le supportage des matériels importants pour la sûreté ...), de leur nature, de leur rôle fonctionnel, ainsi que de l'aménagement de l'installation.

Les exigences de comportement peuvent se décliner en exigences d'étanchéité (confinement), de stabilité (résistance mécanique, supportage de matériels), de géométrie, d'absence d'interaction entre éléments de structure proches.

Elles peuvent s'exprimer en termes de :

- limitation des déformations réversibles ou irréversibles, par exemple, localement, pour assurer une limitation de la fissuration d'un ouvrage qui doit assurer une participation au confinement des matières radioactives ou globalement pour garantir la stabilité d'un élément de structure,
- limitation des déplacements, par exemple pour garantir le maintien d'une géométrie ou l'absence d'interaction entre deux structures.

Les exigences performantielles des structures tiennent compte de l'endommagement acceptable. Le comportement attendu des structures après application de l'une des situations est :

- la fonctionnalité complète de la structure qui se traduit par une déformation limitée des structures et matériaux ne nécessitant pas de réparation. Cette exigence concerne les situations normales et exceptionnelles.
- la fonctionnalité partielle de la structure qui doit permettre de poursuivre l'exploitation du réacteur moyennant d'éventuelles réparations. Cette exigence concerne une partie des situations accidentelles (ou très exceptionnelles) pour lesquelles il peut être envisagé de redémarrer l'installation après leur apparition, tel que par exemple un séisme de niveau important. Au delà de la réalité de ce type de situation, cette approche permet de plus de créer des marges dans le dimensionnement de l'installation par rapport aux situations ultimes (par exemple les situations de fusion cœur).
- le maintien de la fonction confinement pour les situations à la suite desquelles il n'est pas envisagé de redémarrer l'installation. Ceci permet de garantir l'atteinte des objectifs de sûreté en termes de limitation des conséquences radiologiques.

Ceci conduit à différencier les situations accidentelles et les niveaux de critères associés par structure selon leur rôle joué vis à vis des fonctions de sûreté. Des marges vis à vis de l'état « ultime » de la structure sont ainsi créées pour les situations dites normales.

La détermination des critères associés à la conception des ouvrages de génie civil s'appuie sur les trois catégories de situations définies au § 4.1., à savoir les situations dites normales ou fréquentes, les situations exceptionnelles et les situations accidentelles. Des situations correspondant aux phases de construction sont rajoutées afin de garantir la sécurité, la stabilité et la durabilité des structures. De plus, la durée prévisionnelle d'exploitation étant de 60 ans, le calcul des ouvrages de génie civil intègre une durée de construction de 5 ans, ce qui porte à 65 ans la fin de vie (notamment pour le calcul du retrait/fluage et des pertes de précontrainte).

Les actions considérées se répartissent en actions permanentes, en actions variables et en actions accidentelles.

- Les actions permanentes élémentaires considérées sont notamment le poids propre des ouvrages et des matériels permanents, la poussée des terres et de la nappe phréatique dans le cas des éléments structuraux enterrés, les déplacements imposés, les pressions dues à un liquide ou à un gaz, les actions thermiques, les déformations dues au retrait et au fluage des éléments en béton, et l'action de la précontrainte dans le cas des éléments structuraux en béton précontraint. Elles sont notées G, à l'exception de la précontrainte qui est notée P.
- Les actions variables considérées sont principalement les charges d'exploitation, les variations autour de la valeur moyenne des actions permanentes, les actions climatiques de vent et de neige. Elles sont notées Q avec des indices pour actions climatiques, notés W pour le vent et S pour la neige, et T pour les actions thermiques.
- Les principales actions accidentelles considérées (notées A) et rappelées au chapitre 3, à savoir le séisme, l'accident de perte de réfrigérant primaire (cumulé ou non avec le séisme), l'accident grave, la chute d'avion, l'explosion externe ainsi que la rupture de tuyauterie haute énergie.

Pour l'ensemble des situations, les combinaisons d'actions sont définies dans l'ETC-C en les regroupant par niveaux de critères associés pour les structures en béton et métalliques. Le tableau [TAB-3.5.0.3](#) présente les cumuls retenus dans l'ETC-C. Les compléments apportés lors de la conception du génie civil de Flamanville 3, en particulier sur les combinaisons d'actions considérées, figurent dans la note intitulée « Prescriptions complémentaires pour la conception du génie civil de FA3 par rapport à l'ETC-C référencé ENGSGC050076 à l'indice B » (cf. section 1.6.2 (4a)).

4.4.1. MATÉRIAUX

Bétons

Le béton retenu doit avoir les caractéristiques de performance (résistance, porosité, perméabilité, retrait/fluage, etc.) adaptées aux conditions de fonctionnement de l'ouvrage et dans son environnement, en exploitation ou en situation accidentelle.

Le choix des matériaux doit tenir compte des risques de fissuration au jeune âge, des déformations consécutives au retrait et fluage pour les bétons précontraints et du risque de corrosion des armatures.

Armatures

Les armatures de précontrainte sont certifiées par un organisme français et le procédé de précontrainte retenu est agréé au niveau français ou européen. Elles sont protégées de la corrosion par un coulis de ciment dont les propriétés sont vérifiées expérimentalement.

Les armatures passives sont également protégées de la corrosion par un enrobage déterminé en fonction de la classe structurale de l'ouvrage et de son environnement.

Matériaux métalliques

Les matériaux retenus pour les revêtements et pièces métalliques participant à l'étanchéité et/ou au confinement doivent être qualifiés et certifiés selon les normes françaises (ou européennes). Le choix des matériaux doit tenir compte :

- des efforts mécaniques et thermiques,
- des interactions chimiques,
- de la résistance vis-à-vis de la rupture fragile,
- de la résistance à la corrosion.

Des contrôles de réception, de mise en œuvre et de vérification des performances sont exigés lors de la construction.

4.4.2. NIVEAUX DE PERFORMANCES EXIGÉES POUR LES STRUCTURES

Les exigences de comportement à vérifier pour les structures en béton sont selon les cas :

- la stabilité,
- l'absence de déformation excessive,
- la limitation de la fissuration,
- le supportage des matériels,
- la rétention des matières dangereuses.

Les critères de justification servent à démontrer le respect des exigences de comportement et sont choisis en cohérence avec les règlements applicables à la conception de structures et relatifs aux procédés de construction.

4.4.2.1. OUVRAGES EN BÉTON

Concernant l'aptitude au service, le principe en est défini dans l'Eurocode 2 (norme européenne relative aux ouvrages en béton) selon les termes suivants : « Une structure durable doit satisfaire aux exigences d'aptitude au service, de résistance et de stabilité pendant toute la durée d'utilisation du projet, sans perte significative de fonctionnalité ni maintenance imprévue excessive ».

- Pour les situations normales, il est tenu compte des charges appliquées en cours d'exécution, des charges d'exploitation et des conditions climatiques.
- Les critères associés à ces états dits « de service » correspondent à des limitations de contrainte ou déformations dans les matériaux béton et acier permettant d'assurer un comportement élastique et réversible et de procurer des marges pour des chargements plus sévères. Les vérifications portant sur l'état de déformation du béton ne sont effectuées que lorsque des conditions de flèche sont imposées. Les vérifications portant sur l'état limite de fissuration du béton sont effectuées lorsque la fissuration a un caractère préjudiciable, à savoir les radiers et voiles enterrés des bâtiments contenant des fluides radioactifs ou susceptibles d'être immergés dans la nappe phréatique.
- Les situations exceptionnelles correspondant aux conditions environnementales ou climatiques de probabilité d'occurrence voisine de la durée de vie de l'ouvrage ou aux charges d'exploitation maximales sont traitées conformément aux règles usuelles de génie civil (coefficients pour les combinaisons d'action et de sécurité sur les matériaux).
- Les situations accidentelles telles que le séisme, les ruptures de tuyauterie haute énergie, l'explosion externe, l'inondation sont considérées comme des états limites ultimes au sens des règlements de génie civil.

Pour ces situations, des limitations de déformations sont imposées.

Dans le cas des actions accidentelles suivantes :

- accident de perte de réfrigérant primaire, cumulé ou non avec le séisme,
- explosion externe,
- rupture de tuyauterie haute énergie,

il est tenu compte, pour le calcul des sollicitations de flexion et d'effort tranchant des voiles et des dalles en béton armé, de l'amplification dynamique du voile et d'un coefficient de plasticité. Les critères admissibles sur les matériaux permettent de définir un effort statique équivalent. Des déformations plastiques sont autorisées.

Dans le cas de la chute d'avion militaire, des déformations plus importantes des matériaux sont admises, basées sur l'acceptation d'une méthodologie spécifique aux ouvrages à double voile et utilisant des critères et des valeurs issus de la réglementation allemande (résistance structurelle locale).

4.4.2.2. CAS PARTICULIER DE LA PAROI INTERNE DE L'ENCEINTE

Les critères ont pour but de garantir l'intégrité de la peau par la limitation des déformations et du retrait/fluage du béton. Aucune justification d'ouverture de fissure n'est exigée. La gradation des critères tient compte du niveau de chargement. Trois niveaux de critère sont spécifiés :

- situation de service normal et d'épreuve (Groupe 1) : Afin de limiter la traction dans les zones singulières (□), il est imposé dans la paroi en zone courante un critère de non traction, tenant compte de la pression, du poids propre et des pertes de précontrainte. De plus, la traction dans les aciers passifs est limitée par une valeur de contrainte voisine de □ de la limite d'élasticité. La pression de l'essai de résistance pré opérationnel est fixée à □ MPa absolu et tient compte de la poussée de la peau en température. La pression des essais d'étanchéité est fixée pour le calcul à 0,55 MPa.
- situations accidentelles (Groupe 2) : Elles comprennent la rupture de tuyauterie haute énergie, le séisme, le LOCA ainsi qu'un scénario d'accident générant une pression de 0,55 MPa ; une distinction est effectuée pour la paroi béton entre le cas 0,55 MPa (pour lequel il est imposé un comportement réversible en limitant la traction dans le béton aux zones singulières et dans les aciers) et le cas à □ MPa (auquel est associé un état limite ultime au sens des règles de conception).
- situations ultimes (Groupe 3) : Le cas accidentel à □ MPa et le cas SLB LOCA + DE sont considérés comme des états limites ultimes au sens des règlements de génie civil (la section de

béton peut être fissurée avec des aciers tendus) pour lesquels des déformations plastiques sont admises (□). Les critères ont pour but de garantir l'intégrité de la peau par la limitation des déformations du béton, la paroi béton devant seulement assurer la fonction de supportage du matériel.

4.4.3. PEAU ET PIÈCES MÉTALLIQUES PARTICIPANT AU CONFINEMENT

La peau et les pièces métalliques (traversées et platines) sont reliées entre elles et doivent assurer la continuité du confinement en plus du rôle propre qu'elles ont à jouer (ex : supportage pour les platines et les traversées).

Peau métallique

Son interaction avec la paroi en béton se fait par l'intermédiaire des ancrages continus et des ancrages ponctuels. Les déformations de la peau d'étanchéité dépendent donc de celles de la paroi en béton auxquelles s'ajoutent, en situations accidentelles ou d'essais, les effets de la pression et ceux de la température.

Pour la peau métallique et les ancrages, les exigences sont multiples :

- En phase de construction, ces éléments doivent, par une rigidité suffisante, supporter sans dommage les charges induites par la réalisation.
- En phase d'exploitation, ces éléments doivent garantir l'intégrité de la peau pour toutes les situations pouvant générer des pics de pression et de température, du fluage du béton, des concentrations de contrainte et des phénomènes de corrosion.

Les modes de ruine possibles pour la peau sont de deux types : instabilité élastique ou élastoplastique au flambage et déformations excessives.

Le dimensionnement des ancrages doit tenir compte de trois impératifs :

- ne pas compromettre l'intégrité de la peau en cas de rupture d'un connecteur (effet fusible),
- éviter la rupture en chaîne des cornières,
- garantir la stabilité au flambage en service normal.

Deux séries de critères sont considérées, pour toutes les situations normales et accidentelles, selon que la peau est cloquée ou non.

- Dans le premier cas (peau cloquée), les critères portent sur les limitations d'efforts ou de déplacements dans les ancrages, ceux-ci doivent fournir les marges nécessaires vis-à-vis de la rupture des ancrages sans que la peau se déchire.
- Dans le second cas, (peau non cloquée), les critères portent sur des limitations des déformations qui garantissent implicitement la non rupture des ancrages.

Pour le cas de la déflagration hydrogène qui ne sollicite la peau que localement, un niveau de critère spécifique est défini uniquement pour les déformations de la peau afin de garantir la non déchirure de celle-ci.

Traversées

Sont traités au titre de l'ETC-C, le tampon matériel, l'accès de chantier, les fourreaux des traversées fluides et électriques et du tube transfert, les viroles des sas personnels.

Les exigences qui leur sont appliquées ont pour objectif de garantir l'absence :

- de déformation excessive et d'instabilité plastique immédiates,
- de rupture localisée induite par un effet ressort,

- de flambage des parties non complètement liées à la paroi en béton.

De plus dans le cas particulier du TAM, l'opérabilité doit être garantie pendant le fonctionnement.

Pour les traversées, on tient compte, en plus des sollicitations liées à l'enceinte, des efforts induits par les équipements (effet de fond du TAM, rupture de tuyauterie).

Pour les situations normales ; l'analyse en contraintes élastiques est requise. Une analyse élastoplastique est autorisée lorsque ces critères ne sont pas respectés.

Pour les situations accidentelles, l'analyse limite est requise (calcul élastoplastique parfait ou avec écrouissage) avec deux niveaux de critères selon le type de chargement.

L'analyse au flambage (flambage élastique d'Euler) est requise pour les parties émergeant de la paroi en béton (virole du TAM par exemple), les fourreaux étant traités comme la partie relative à la peau métallique.

Les marges requises sont, selon les cas, identiques à celles requises pour l'ASME, le RCC-M ou le RCC-MR.

4.4.4. PISCINES ET BÂCHES DE RÉTENTION

Les critères dépendent de la température rencontrée dans les différentes situations (normale, exceptionnelle et accidentelle).

parois en béton : Les critères portent sur les limitations de déformations (comportement élastique réversible assuré par une limitation de contrainte dans les aciers pour les températures normales et exceptionnelles).

revêtements :

Seuls sont traités dans l'ETC-C les revêtements métalliques en inox.

Les exigences ont comme objectifs de garantir :

- l'étanchéité,
- la résistance à la corrosion et la faisabilité de la décontamination.

La peau métallique des piscines ou des bâches de rétention ne joue aucun rôle de résistance structurelle.

Les niveaux de critères proposés diffèrent selon la réparabilité de ces compartiments et les situations. Ils permettent de limiter le cloquage et de garantir la résistance des ancrages et des soudures.

L'amplitude de cloquage admissible proposée est issue de valeurs déterminées expérimentalement.

Pour les compartiments (piscines ou bâches) non vidangeables, cette garantie d'intégrité est également liée au respect du contrôle radiographique à 100%.

4.4.5. STRUCTURES MÉTALLIQUES

Les situations sont classées selon les mêmes critères que les ouvrages en béton (combinaisons identiques).

Pour les situations normales (équivalent ELS), les états de contrainte sont vérifiés (critère égal à σ_{el} de la limite d'élasticité ou critère de flèche équivalent).

Pour les situations accidentelles (ou ELU), il est admis des déformations qui ne remettent pas en cause l'utilisation des ouvrages ou parties d'ouvrage (limite d'élasticité pour assurer la réversibilité associée à des coefficients partiels de sécurité).

Les dispositions permettant d'assurer le comportement dissipatif de la structure sont énoncées.

Néanmoins, il n'est pas fait usage à la conception de coefficient de comportement (réducteur d'efforts sismiques) ce qui procure des marges pour des points singuliers ou une éventuelle réévaluation.

4.4.6. RÉALISATION ET ESSAIS

Réalisation

Les exigences de réalisation ont pour objectif de garantir la durabilité des structures et le fonctionnement dans les conditions prévues du projet :

- en choisissant des matériaux adéquats,
- en adoptant une conception et des dispositions constructives appropriées (procédés de soudage),
- et en spécifiant des procédures de contrôle et essais.

Essais

Les essais globaux d'étanchéité et de résistance permettent la vérification expérimentale du comportement de l'enceinte de confinement.

1) *Essais de réception :*

Avant la mise en service de l'ouvrage, l'enceinte de confinement subit un essai de mise en pression à température ambiante appelé essai « préopérationnel » ou « de réception » pendant lequel sa résistance et son étanchéité sont vérifiées.

Essai global d'étanchéité :

La pression maximale absolue de l'essai est égale à 0,55 MPa. La valeur équivalente en essai du taux de fuite maximal de $\square\%/j$ en situation accidentelle est recalculée en fonction des conditions de pression et température.

Ainsi le critère d'acceptation de la paroi interne, compte-tenu de ce coefficient de transposition de \square ainsi que du coefficient de provision pour le vieillissement de \square conservé, devient : $\square\%/j$.

Au cours de cet essai, une vérification de l'étanchéité de la paroi externe de l'enceinte est effectuée.

Essai de résistance :

La pression maximale absolue de l'essai est égale à \square MPa (et tient compte de la poussée thermique de la peau métallique sur le béton en situation accidentelle qui dépend de la géométrie de l'ouvrage et du chargement thermique).

Il est vérifié au cours de cet essai au moyen de l'instrumentation mise en place que le comportement de la paroi correspond bien à celui prévu par le modèle de calcul.

2) *Essais périodiques d'étanchéité :*

Pendant la phase d'exploitation, seuls des essais d'étanchéité de la paroi interne sont réalisés. Pour ceux-ci, la valeur de la pression relative retenue reste à définir en tenant compte de l'effet autoclave des traversées.

4.5. SITUATION VIS-À-VIS DES RFS

Dans le cadre de la conception des ouvrages de génie civil de l'EPR, les RFS suivantes sont applicables (cf. sous-chapitre 1.7 du RDS) :

- RFS I.2.a : prise en compte des risques liés aux chutes d'avion,
- RFS I.2.b : prise en compte des risques d'émission de projectiles par suite de l'éclatement des GTA,

- RFS 2001.01 : détermination du risque sismique pour la sûreté des installations,
- RFS I.2. d : prise en compte des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication,
- RFS I.2.e : prise en compte du risque inondation,
- RFS I.3.b : instrumentation sismique,
- RFS I.3.c : études géologiques et géotechniques du site ; détermination des caractéristiques des sols et études du comportement des terrains,
- guide ASN/2/01 (prise en compte du risque sismique à la conception des ouvrages de génie civil d'installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme de déchets radioactifs).

Les RFS V.2.b et V.2.h ne sont pas applicables car elles concernent les RCC-G.

TAB-3.5.0.1 TABLEAU DE CARACTÉRISATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DU BÂTIMENT RÉACTEUR

□

Légende : caractérisation de la fonction attendue des ouvrages après application des actions permanentes, variables ou accidentelles (indice B : paroi béton – Indice M : structure métallique)

A : aptitude au service – C : confinement – E : étanchéité – R : résistance

TAB-3.5.0.2 TABLEAU DE CARACTÉRISATION DES EXIGENCES DE SÛRETÉ APPLICABLES À LA CONCEPTION DES BÂTIMENTS DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE HORS BR

□

Légende : caractérisation de la fonction attendue des ouvrages après application des actions permanentes, variables ou accidentelles

A : aptitude au service – C : confinement (* avec ventilation) (** limitation conséquences radiologiques) – E : étanchéité (* par cuvelage) – R : résistance (* partielle)
 (indice _B : paroi béton – Indice _M : structure métallique)



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 5.0

PAGE 24/31

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TAB-3.5.0.3 TABLEAU DES CUMULS DE CHARGEMENTS

□

TAB-3.5.0.4 SOMMAIRE DE L'ETC-C**Partie 1 : Conception**

- Actions et combinaisons d'actions
- Structures en béton
- Pièces métalliques participant au confinement
- Revêtement des piscines
- Structures métalliques
- Ancrage des platines
- Annexes : analyse sismique, retrait et fluage, méthode simplifiée pour l'impact de l'avion militaire, formule de perforation)

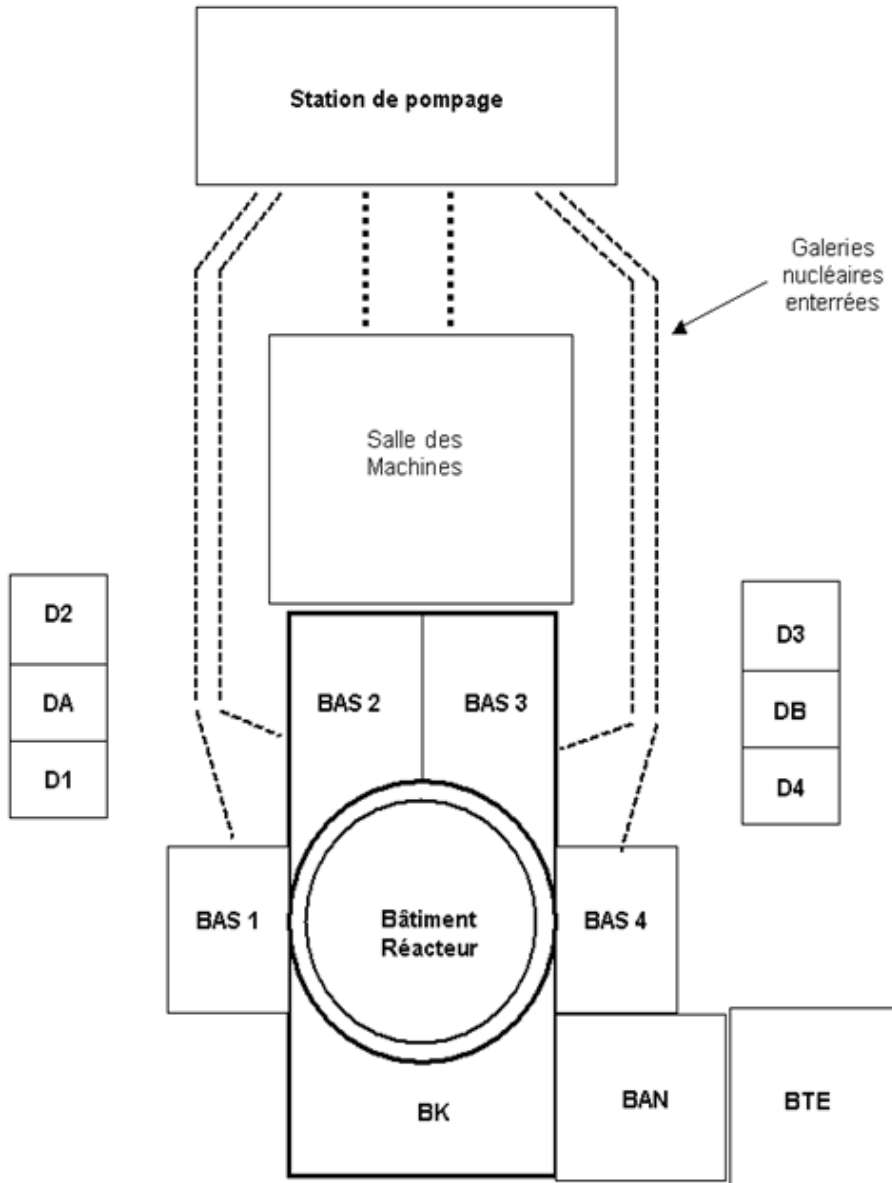
Partie 2 : Réalisation

- Sol, béton, parements et coffrages, armatures pour béton armé, précontrainte
- Traversées, peau et revêtements des piscines, préfabrication, structures métalliques,
- Tolérances

Partie 3 : Instrumentation et essais

- Essais d'étanchéité
- Instrumentation et essais de résistance

FIG-3.5.0.1 PRINCIPE D'INSTALLATION DES OUVRAGES DE L'EPR



edf	FLAMANVILLE3	Palier EPR	Version Publique — Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE			SECTION	5.0
				CHAPITRE	3	PAGE	27/31

FIG-3.5.0.2 COUPE SCHÉMATIQUE DES OUVRAGES DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE DE L'EPR

□

FIG-3.5.0.3 COURBES CARACTÉRISTIQUES DES SPECTRES SISMQUES

Volume 2 Chapter 4
DESIGN BASIS (PART 2)

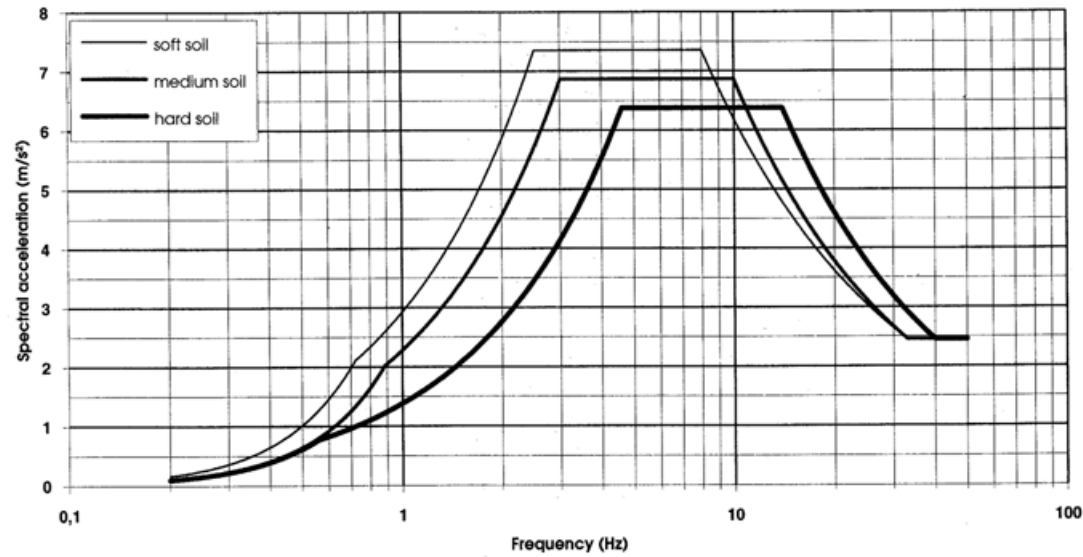
revision 8 - state 3 - November 15

Section

Requirement

Section comment

2.4 6.8 Figure : EUR design basis ground motion spectra (horizontal, 5% damping)



EUROPEAN UTILITY REQUIREMENTS FOR LWR NUCLEAR POWER PLANTS



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 5.0

PAGE 29/31

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.5.0.4 DIAGRAMME DE CHARGEMENT DE L'AVIATION MILITAIRE



FIG-3.5.0.5 DIAGRAMME DE CHARGEMENT DE L'ONDE DE SURPRESSION

**FIG-3.5.0.6 COURBES CARACTÉRISTIQUES DES CHARGEMENTS
DE L'ENCEINTE INTERNE**

SOMMAIRE

.3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU MÉTALLIQUE	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
1. DESCRIPTION DE L'ENCEINTE	3
1.1. DISPOSITION GÉNÉRALE	3
1.2. ENCEINTE INTERNE	3
1.3. LES CONSOLES DU PONT POLAIRE	5
1.4. RADIER	5
1.5. ENCEINTE EXTERNE	5
1.6. TRAVERSÉES	6
1.7. SCHÉMAS	6
2. BASE DE CONCEPTION DE L'ENCEINTE INTERNE	6
3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ	6
3.1. ENCEINTE INTERNE EN BÉTON PRÉCONTRAIT	6
3.1.1. ACTIONS ÉLÉMENTAIRES ET COMBINAISONS D'ACTIONS	6
3.1.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX	8
3.1.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	8
3.2. PEAU MÉTALLIQUE	10
3.2.1. ACTIONS ÉLÉMENTAIRES ET COMBINAISONS D'ACTIONS	10
3.2.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX	11
3.2.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	11
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	12
4.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ	12
4.2. TEL QUE RÉALISÉ	12
LISTE DE RÉFÉRENCES	13

FIGURES :

FIG-3.5.1.1 BÂTIMENT RÉACTEUR — VUE EN COUPE 1	15
FIG-3.5.1.2 BÂTIMENT RÉACTEUR — VUE EN COUPE 2	16
FIG-3.5.1.3 BÂTIMENT RÉACTEUR — DÉVELOPPÉ DE LA PEAU MÉTALLIQUE DE L'ENCEINTE INTERNE 0 — 180°	17
FIG-3.5.1.4 BÂTIMENT RÉACTEUR — DÉVELOPPÉ DE LA PEAU MÉTALLIQUE DE L'ENCEINTE INTERNE 180 — 360°	18

.3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU MÉTALLIQUE

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Les exigences de sûreté relatives à l'enceinte avec peau métallique sont données dans la section 3.5.0.

1. DESCRIPTION DE L'ENCEINTE

1.1. DISPOSITION GÉNÉRALE

L'enceinte interne est une enceinte précontrainte en béton armé avec peau métallique recouvrant sa surface interne (dôme compris) ainsi que le radier de façon à former une surface étanche continue.

L'enceinte externe est une structure en béton armé. Elle garantit une protection contre les agressions externes comme .

Les deux enceintes sont séparées par l'espace-entre-enceintes (EEE) en dépression par rapport à la pression atmosphérique afin de collecter les fuites potentielles transitant au travers de l'enceinte interne et les filtrer avant diffusion dans l'environnement (système EDE).

Cette structure à double paroi offre une protection efficace de l'environnement vis-à-vis de tout élément radioactif et ce dans les circonstances d'incident et d'accident envisagées, même en cas d'accident grave.

L'enceinte interne joue le rôle de 3^{ème} barrière de confinement.

Le volume interne de l'enceinte offre un volume libre nécessaire et compatible avec les conditions générées par un accident grave (déflagration d'hydrogène, augmentation de température et mise en pression). Ce volume représente environ m³.

Un espace suffisant est prévu pour permettre au pont polaire de manutentionner les éléments les plus volumineux de l'équipement (générateurs de vapeur faits d'une seule pièce).

Le radier est une structure en béton armé, décrite section 3.5.5.

1.2. ENCEINTE INTERNE

Géométrie

L'enceinte interne, réalisée en béton précontraint, est constituée de bas en haut par :

- un gousset cylindrique (du niveau m à m),
- une base tronconique (du niveau m à m),
- une partie cylindrique dite « fût de l'enceinte interne » (du niveau m à m),
 -
 -
 -
- un dôme tori-sphérique raccordé au fût par la ceinture torique qui s'étend du niveau m au niveau m.

Elle comporte :

- sur sa face interne, une peau métallique d'étanchéité (□) ancrée dans le béton, un bossage autour de l'accès matériel et les consoles support de la poutre de roulement du pont polaire,
- sur sa face externe, trois nervures verticales pour l'ancrage des câbles de précontrainte horizontaux, et des bossages et renforts autour du fourreau du tube transfert et autour de l'accès matériel.

Le béton

Le béton de l'enceinte interne est de classe □. Le béton contient des fumées de silice mais pas de cendres volantes. Les principales caractéristiques du béton sont fournies dans la note en [Réf \[1\]](#).

La précontrainte

Le fût et le dôme de l'enceinte interne sont des structures précontraintes.

Chaque câble horizontal fait le tour complet de l'enceinte, et est ancré dans une nervure verticale (trois nervures au total). Il est tendu par les deux extrémités.

Les câbles verticaux forment deux familles principales :

- les câbles « gamma »,
- les câbles verticaux « purs ».

Les câbles « gamma » sont des câbles verticaux retournés sur le dôme, tendus par leurs deux extrémités. L'extrémité supérieure est ancrée au niveau de la ceinture torique du dôme et l'extrémité inférieure est ancrée dans la galerie de précontrainte, située sous le radier.

Les câbles verticaux « purs » sont tendus par leur extrémité inférieure située dans la galerie de précontrainte et ancrés passivement dans la ceinture torique.

La quantité de câbles de précontrainte est résumée ci-dessous :

□

Tous les conduits de câbles sont injectés au coulis de ciment□.

La peau métallique

La peau métallique recouvre entièrement l'enceinte interne, y compris la surface du radier au droit des structures internes du bâtiment réacteur (HR) de manière à établir une continuité de la peau et ainsi satisfaire au critère d'étanchéité. De ce fait, la peau métallique est maintenue entre le radier commun et le radier des structures internes.

La peau métallique est conçue pour assurer l'étanchéité en fonctionnement normal, lors d'essais sur l'enceinte et dans les conditions d'accident.

La peau métallique est utilisée comme coffrage pour la construction de la paroi interne.

Le système d'ancrage de la peau métallique

Un système d'ancrage dit continu est ancré au béton de l'enceinte interne et soudé à la peau, mis à part sur le radier commun. Il est composé de cornières en acier (horizontales et verticales sur le fût, circonférentielles et méridiennes sur le dôme) délimitant des mailles. Ce dispositif d'ancrage est complété, à l'intérieur des mailles, par des ancrages ponctuels en acier également appelés goujons ou connecteurs□.

Les cornières transmettent la déformation du béton à la peau métallique, et elles limitent le mouvement de la peau en cas d'épaisseurs (présence de platines, traversées...), de températures ou

de conditions élasto-plastiques différentes entre deux mailles adjacentes. En outre, elles confèrent à la peau métallique une rigidité suffisante pendant les travaux de montage et de bétonnage.

Les ancrages ponctuels empêchent le flambage de la peau sur l'étendue de la maille. L'espacement des ancrages est tel que la flexion locale, susceptible de survenir dans la peau métallique pendant la mise en précontrainte, après épreuve enceinte ou lors d'une élévation de température à cause de défauts géométriques de fabrication, reste dans des limites acceptables.

De plus, de nombreuses platines destinées à supporter les équipements sont liaisonnées avec la peau métallique. De nombreux fourreaux de traversées sont également incorporés dans le liner et sont définis dans la section 3.5.2.

Le ferrailage

En plus de la précontrainte, le béton de l'enceinte interne est armé pour limiter les ouvertures de fissures et pour résister aux moments de flexion thermique dans des conditions d'accident.

1.3. LES CONSOLES DU PONT POLAIRE

Les consoles du pont polaire ont pour fonction :

- d'assurer l'interface entre le pont polaire et l'enceinte interne en supportant la voie de roulement du pont polaire,
- de supporter une passerelle d'inspection de la voie de roulement du pont polaire.

Les efforts amenés par le pont polaire et la voie de roulement sur chaque console sont répartis en quatre catégories. Il s'agit du fonctionnement normal du pont (manutention en phase chantier et en phase d'exploitation), de l'essai du pont (essais dynamique et statique des chariots de chantier et d'exploitation), du séisme et du cas accidentel. Le cas accidentel englobe la rupture de câbles de précontrainte et l'accident grave[].

1.4. RADIER

Le radier de l'enceinte interne est le radier dit commun, il est décrit dans la section 3.5.5. A distinguer du radier des structures internes du HR défini dans la section 3.5.3.

Le radier a une épaisseur de [] m au droit du bâtiment réacteur. Une galerie de précontrainte pour la mise en tension des câbles verticaux de l'enceinte interne est située en dessous du radier, au droit de l'enceinte interne. Cette galerie n'est pas liée structurellement au radier.

Les structures internes qui abritent le circuit primaire et les tubulures secondaires reposent sur un radier dit « radier des structures internes » posé sur le radier commun. L'interface entre le radier commun et le radier des structures internes est constituée par la peau métallique étanche.

1.5. ENCEINTE EXTERNE

L'enceinte externe est traitée dans la section 3.5.4.

L'enceinte externe est formée d'une partie cylindrique et d'un dôme en béton armé. Le dôme et la partie supérieure du fût sont directement exposés à l'environnement extérieur, ces éléments font partie de []. La partie basse du fût est protégée par les bâtiments périphériques.

Les principaux paramètres sont :

- rayon interne : 26,50 m,
- épaisseur courante : 1,30 m dans la partie basse du fût et 1,80 m pour la coque avion,
- hauteur : 52,50 m (cylindre hors dôme).

Le béton de l'enceinte externe est de classe \square

1.6. TRAVERSÉES

Les traversées sont décrites dans la section 3.5.2.

L'enceinte interne comprend diverses traversées parmi lesquelles :

\square

Ces traversées relient le HR avec les autres bâtiments (espace-entre-enceintes (HRB), bâtiments électriques et de sauvegarde (HL), bâtiment combustible (HK)) et les différents systèmes.

Chaque traversée est équipée d'un dispositif d'étanchéité actif ou passif permettant de garantir un isolement de l'enceinte en cas d'accident (voir sections 3.5.2 et 6.2.3).

1.7. SCHÉMAS

Voir les figures [FIG-3.5.1.1](#), [FIG-3.5.1.2](#), [FIG-3.5.1.3](#) et [FIG-3.5.1.4](#).

2. BASE DE CONCEPTION DE L'ENCEINTE INTERNE

Les bases de conception relatives à l'enceinte interne sont présentées dans la section 3.5.0.

Les combinaisons de chargement prescrites par l'ETC-C sont réparties en trois groupes définis pour le dimensionnement de l'enceinte interne : situations de service normal, de construction et d'épreuves (groupe 1), situations accidentelles (groupe 2), situations ultimes (groupe 3).

Ces situations prennent en compte l'ensemble des événements considérés dans la démarche de sûreté EPR (conditions de fonctionnement de référence, conditions de fonctionnement avec défaillances multiples, accidents avec fusion du cœur à basse pression, agressions).

3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ

Le dimensionnement de l'enceinte interne porte essentiellement sur :

- la définition de la précontrainte et la détermination du ferrailage passif nécessaires,
- le dimensionnement de la peau métallique.

3.1. ENCEINTE INTERNE EN BÉTON PRÉCONTRAIT

3.1.1. Actions élémentaires et combinaisons d'actions

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement figurent en [Réf \[1\]](#), [Réf \[2\]](#), [Réf \[3\]](#), [Réf \[4\]](#) et [Réf \[5\]](#).

Les actions permanentes qui s'appliquent à l'enceinte interne en béton sont les suivantes :

- poids propre des structures (béton et charpentes métalliques),
- influence des structures internes du HR à l'aide de déformations imposées,
- poids propre des équipements fixes (pont polaire et consoles du pont polaire),
- actions thermiques permanentes, retrait et fluage du béton dont le retrait différentiel du béton,
- actions dues à la précontrainte.

Les actions variables considérées dans les calculs sont les suivantes :

- charges d'exécution liées aux situations de construction (pose du pont polaire, pose du dôme métallique, étaieement du dôme externe sur le dôme interne, mise en précontrainte en concomitance avec des levées du dôme à moins de 28 jours de séchage),
- charges d'exploitation transmises lors de l'utilisation du pont polaire et du TAM,
- pression interne lors de l'épreuve enceinte (ou test d'étanchéité). Le maintien en dépression de l'EEE et la mise en service intempestive de l'aspersion dans le bâtiment réacteur ont une influence faible et ne sont donc pas pris en compte explicitement,
- actions thermiques variables durables (variations de température par rapport à l'état quasi-permanent liées aux conditions climatiques d'une part et aux conditions d'exploitation d'autre part),
- séisme d'inspection,
- surtension des câbles de précontrainte induite par la pression interne. Cette action est en réalité confondue avec les chargements de montée en pression (simultanéité).

Les actions accidentelles applicables au dimensionnement de l'enceinte sont les suivantes :

- séisme de dimensionnement (SDD),
- pression interne due à l'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP ou LOCA, qui peut être une rupture guillotine doublement débattue du circuit primaire principal - 2A LOCA - ou une rupture de la jambe d'expansion du pressuriseur - SLB LOCA -),
- pression interne due à l'accident par rupture de tuyauterie secondaire,
- pression interne due à l'accident grave (II),
- montée en température due à l'accident grave conformément à [Réf \[1\]](#) . Cette disposition répond au requis énoncé dans le tableau 1.7.1 TAB 2, à savoir une température de dimensionnement de II°C et une pression des gaz dans l'enceinte de II MPa absolus pendant une durée de II h,
- surtension des câbles de précontrainte induite par la pression interne. Cette action est en réalité confondue avec les chargements de montée en pression (simultanéité),
- poussées du liner (effets thermiques), et du tampon d'accès matériel et des sas (effets de la pression).

Les combinaisons d'actions considérées dans les calculs d'ensemble de l'enceinte interne sont réparties comme suit entre les trois groupes caractérisés par trois niveaux de critères différents :

- combinaisons de groupe 1 : construction, service normal, essai d'étanchéité (II) et séisme d'inspection.
- combinaisons de groupe 2 : séisme de dimensionnement, 2A LOCA et rupture de tuyauterie secondaire (combinaisons enveloppées par la combinaison d'accident grave), accident grave II.
- combinaisons de groupe 3 : accident grave II.

Une vérification complémentaire est réalisée en considérant un essai d'étanchéité pour lequel les charges permanentes et la pression de l'essai sont II. Il s'agit d'une vérification de type ELU fondamental. Les compression et cisaillement du béton sont enfin vérifiés en cas de séisme sans pression interne à l'ELU accidentel.

Enfin une combinaison conventionnelle est utilisée en regard des critères du groupe 3, qui considère le cumul du SLB-LOCA et du séisme de dimensionnement.

3.1.2. Caractéristiques des matériaux

3.1.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le chapitre 4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[3\]](#) et dans le chapitre 1.4.3.1 de [Réf \[1\]](#), le béton utilisé pour la réalisation de l'enceinte interne du HR a les caractéristiques suivantes :

- classe d'environnement : [],
- classe de résistance : [],
- [],
- [],
- module instantané utilisé pour toutes les actions dynamiques [],
- module différé utilisé pour toutes les actions long-terme [],
- module thermique transitoire [],
- coefficient de Poisson statique : [],
- coefficient de dilatation thermique : [] /°C,
- conductivité thermique : [] W/(m.°C),
- chaleur spécifique [] J/(kg.°C),
- masse volumique du béton armé et précontraint [] kg/m³.

3.1.2.2. armatures pour la précontrainte

La précontrainte est assurée par des câbles d'acier de type [] composés de [] torons de classe [] MPa, estampillés TBR (très basse relaxation). Chaque toron a un diamètre nominal [] mm, est composé de [] fils et a une section nominale de [] mm². Le système de précontrainte utilisé est le système []. Les câbles comportent au plus [] torons.

D'autre part les caractéristiques des torons sont les suivantes, conformément au paragraphe 1.4.3.3 de [Réf \[1\]](#) :

- résistance caractéristique : [],
- limite d'élasticité : [],
- élongation à charge maximale : [] %.

3.1.2.3. armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton armé sont des aciers [] de résistance caractéristique [], classe [] et qui ont les caractéristiques suivantes :

- module d'Young : [],
- coefficient de dilatation thermique de l'acier : [] /°C,
- masse volumique : [] kg/m³.

Se reporter au [§ 3.2.2.](#) ci-après pour les caractéristiques des matériaux de la peau métallique.

3.1.3. Méthodologie de calcul

3.1.3.1. Modélisation

L'enceinte interne est modélisée sous []. Trois modèles distincts présentés en [Réf \[8\]](#) sont utilisés en fonction des combinaisons de chargement appliquées.

Pour l'étude des combinaisons de service normal, d'épreuve, de séisme d'inspection et de séisme de dimensionnement sans effets thermiques accidentels, le modèle comprend en plus de l'enceinte béton la peau métallique (représentée par des éléments coques) sur l'intégralité du parement intrados, en tant que sous-structure élastique résistante.

Pour l'étude des combinaisons induisant des gradients thermiques accidentels dans l'enceinte et donc des moments thermiques associés, à savoir l'accident grave majoré et le cumul conventionnel SLB LOCA + séisme de dimensionnement, la peau métallique n'est représentée que sur le gousset (□). En dehors de cette zone, la montée en température en cas d'accident provoque une poussée de la peau jusqu'à plastification. La peau métallique plastifiée est donc simulée par un effort appliqué au béton de l'enceinte interne.

Par ailleurs les champs thermiques dans la paroi de l'enceinte interne sont déterminés avec un troisième modèle □.

Dans ces modèles, la précontrainte est modélisée par la chaîne de calcul nommée □.

□ (voir l'annexe A de [Réf \[8\]](#)).

3.1.3.2. Calculs réalisés

Les calculs menés sur les modèles □. Les chargements élémentaires appliqués à l'enceinte font l'objet des notes [Réf \[10\]](#) à [Réf \[12\]](#) pour les chargements thermiques et de la note [Réf \[9\]](#) pour les chargements mécaniques (statiques et dynamiques).

Le pré-dimensionnement de la précontrainte fait l'objet d'un calcul itératif. En effet, la force de précontrainte nécessaire dépend de la poussée des aciers passifs et du liner, qui dépend des déformations du béton et donc des forces de précontrainte induites. La précontrainte a été déterminée en amont des études détaillées pour équilibrer les efforts sous l'effet d'une pression dans l'enceinte de □ (voir [Réf \[6\]](#)). Une vérification complémentaire sous la combinaison SLB LOCA + séisme de dimensionnement est par ailleurs conduite pour assurer le respect des critères dans cette situation. La précontrainte ainsi dimensionnée est vérifiée au moyen □ visant à définir le ferrailage passif dans les zones singulières de l'enceinte, et tenant compte du tracé définitif des câbles et de l'effet bi-axial des contraintes pour l'estimation des déformations de la paroi.

En outre, la note [Réf \[18\]](#) fait état des non-conformités relatives à la précontrainte au cours du chantier de l'EPR Flamanville 3 (voir [§ 4.2.](#) ci-dessous). □.

L'ETC-C comportant d'une part des critères spécifiques sur les efforts de membrane et d'autre part des critères « classiques » en flexion, deux types de calculs de ferrailage sont réalisés :

- un calcul de dimensionnement en membrane : les efforts de membrane sont repris uniquement par les câbles et les aciers passifs intérieurs. Les contraintes de traction dans les aciers passifs et la surtension dans les câbles de précontrainte sont limitées pour maîtriser la fissuration. Le calcul est mené avec les seuls efforts de membrane, les moments étant annulés.
- un calcul de dimensionnement en flexion de type □ dans lequel l'ensemble des composantes des torseurs d'efforts sont considérées pour déterminer les contraintes.

Le ferrailage passif est calculé directement à partir des sollicitations issues des calculs décrits au paragraphe ci-avant pour le calcul en membrane d'une part, et pour le calcul en flexion d'autre part. La méthode de calcul du ferrailage utilisée par le logiciel □ est conforme aux prescriptions de □ et de l'ETC-C.

Le ferrailage requis est déterminé à partir des sections d'acier issues des calculs en membrane et en flexion en tenant compte de la participation des câbles de précontrainte.

En membrane, 40% de la section des câbles (horizontaux et verticaux) est comptabilisée pour les combinaisons de groupe 1 et 2 et 100% pour les combinaisons de groupe 3 conformément aux prescriptions de l'ETC-C.

En flexion, seuls les câbles horizontaux de la nappe extradados sont pris en compte en tant qu'acier passif (la participation des câbles verticaux et des câbles horizontaux de la nappe intrados est négligée compte tenu de leur proximité à la fibre moyenne). [1]. En outre les pondérations prescrites par l'ETC-C (respectivement 40% et 100%) sont appliquées pour les combinaisons de groupe 1 et 2 d'une part, et de groupe 3 et ELU d'autre part.

Les contraintes admissibles pour chaque groupe de combinaisons sont présentées dans [Réf \[5\]](#).

Les résultats des calculs [1] sont présentés dans les notes [Réf \[13\]](#) et [Réf \[14\]](#).

De plus, les notes de calcul des consoles du pont polaire sont répertoriées dans le paragraphe "Liste de références", de [Réf \[24\]](#) à [Réf \[29\]](#).

3.2. PEAU MÉTALLIQUE

3.2.1. Actions élémentaires et combinaisons d'actions

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement figurent en [Réf \[19\]](#), [Réf \[20\]](#) et [Réf \[21\]](#).

Les actions permanentes qui s'appliquent à la peau métallique de l'enceinte interne sont les suivantes :

- poussée hydrostatique de bétonnage (en construction uniquement),
- poids propre de la construction,
- poids propre des équipements fixes (poids du pont polaire vis-à-vis du dimensionnement de la peau métallique et des consoles, poids des TAM et sas personnel vis-à-vis du dimensionnement des fourreaux),
- actions transmises à la peau métallique par le béton (actions thermiques permanentes, retrait et fluage du béton, actions dues à la précontrainte). Ces effets sont pris en compte par des déplacements imposés appliqués au parement intrados de l'enceinte.

Les actions variables considérées dans les calculs sont les suivantes :

- charges d'exécution liées aux situations de construction (pose du pont polaire, pose du dôme métallique, étaieement du dôme externe sur le dôme interne),
- charges d'exploitation (charges transmises lors de l'utilisation du pont polaire et du TAM),
- actions climatiques (en construction uniquement),
- actions thermiques variables durables (variations de température par rapport à l'état quasi-permanent liées aux conditions climatiques d'une part et aux conditions d'exploitation d'autre part),
- pression interne due à l'épreuve enceinte ([1]),
- séisme d'inspection.

Les actions accidentelles applicables au dimensionnement de la peau métallique sont les suivantes :

- séisme de dimensionnement,
- pression interne et température dues à l'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP ou LOCA, qui peut être une rupture guillotine doublement débattue du circuit primaire principal - 2A LOCA - ou une rupture de la jambe d'expansion du pressuriseur - SLB LOCA),
- pression interne et température dues à l'accident par rupture de tuyauterie secondaire,
- pression interne et température dues à l'accident grave ([1]),
- tâche thermique simulant un pic hydrogène, tel qu'indiqué dans la [Réf \[23\]](#).

Les combinaisons d'actions considérées dans les calculs d'ensemble de la peau métallique de l'enceinte interne sont réparties comme suit entre les quatre groupes caractérisés par quatre niveaux de critères différents :

- combinaisons de groupe 1 : construction, service normal, essai d'étanchéité (□) et séisme d'inspection.
- combinaisons de groupe 2 : séisme de dimensionnement, 2A LOCA et rupture de tuyauterie secondaire (combinaisons enveloppées par la combinaison d'accident grave), accident grave□.
- combinaisons de groupe 3 : accident grave majoré □ SLB LOCA + séisme de dimensionnement.
- combinaison de groupe 3 bis : accident grave avec pic hydrogène.

3.2.2. Caractéristiques des matériaux

Les composants de la peau métallique (peau, cornières, goujons, platines et fourreaux) possèdent des caractéristiques mécaniques précisées dans la [Réf \[1\]](#), complétée par les normes NF EN 10025–2 et NF EN 10028–2.

□

3.2.3. Méthodologie de calcul

3.2.3.1. Modélisation

La peau métallique de l'enceinte interne est modélisée avec □. Pour appréhender son comportement un modèle est élaboré pour la zone courante loin des singularités (fût et dôme) ainsi qu'un modèle pour chacune des zones singulières (radier, gousset, tampon d'accès matériel, sas personnel, accès chantier, consoles du pont polaire et platines d'ancrage d'équipement).

Les limites de chaque modèle coïncident avec le réseau de raidissage des cornières de la peau métallique. Les déplacements imposés par l'enceinte en béton, issus des calcul génie civil, sont appliqués sur les noeuds bloqués sur le pourtour du modèle et sur les lignes de cassure angulaire. La peau métallique est modélisée par des éléments coques et les cornières sont modélisées par des éléments poutres pour les situations de construction et par des ressorts pour les situations de fonctionnement. Les raideurs des ressorts sont issues d'essais sur banc. Les connecteurs ne sont pas modélisés en règle générale, et l'appui de la peau métallique sur le béton est réalisé à l'aide de ressorts de contact afin qu'il n'y ait pas d'interpénétration.

Par ailleurs une étude du cloquage entre connecteurs est réalisée à l'aide d'un modèle local limité à une seule maille entre ancrages continus et dans lequel les connecteurs sont modélisés.

3.2.3.2. Calculs réalisés

Les calculs menés sont des calculs élastiques linéaires pour l'analyse des situations de construction, et des calculs non linéaires (en plasticité et petits déplacements – sauf pour les études du cloquage entre connecteurs et de la maille défaillante dans lesquelles il s'agit de calculs en grands déplacements) pour l'analyse des situations de fonctionnement.

La peau métallique conserve un comportement élastique pour tous les calculs en construction et un comportement élastique plastique parfait pour les situations de fonctionnement.

Pour les situations de fonctionnement les sollicitations sont principalement introduites sous forme de déplacements imposés par l'enceinte béton au droit des ancrages continus et des déformations empêchées sous l'effet des chargements thermiques.

Les critères ETC-C (en contraintes pour les situations de construction – cornières et liner –, en déformations pour les situations de fonctionnement du liner sans défaut – liner seul –, en forces et déplacements pour les calculs en grands déplacements du liner avec défaut – cornières et connecteurs) sont vérifiés pour l'ensemble des combinaisons de groupe 1, 2 et 3 validant ainsi la conception de la peau métallique et de ses ancrages.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ

Les études réalisées montrent que le comportement de l'enceinte interne du HR est satisfaisant pour toutes les charges élémentaires et combinaisons de charges mentionnées dans l'ETC-C. La conception de l'enceinte interne est conforme à la réglementation en vigueur.

4.2. TEL QUE RÉALISÉ

Les éléments disponibles permettent d'affirmer que la structure construite sur le site de Flamanville a été réalisée conformément à sa conception.

A ce stade de la réalisation, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

LISTE DE RÉFÉRENCES

[1] ENGSGC050076 D — ETC-C complété de [2]

[2] ENGSGC100349 D — Prescriptions complémentaires à l'ETC-C

[3] ECEIG021405 J — Note d'hypothèses générales de dimensionnement du génie civil de l'îlot nucléaire

[4] SFLEYRC0030018 E — Note d'hypothèses de l'enceinte interne munie d'une peau métallique du bâtiment réacteur

[5] 1181528B03NT003 D — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note d'hypothèses de dimensionnement de l'enceinte interne

[6] 1181528B03NT001 C — Bâtiment réacteur - Consolidation de la précontrainte EPR_APD - Zone courante de l'enceinte interne

[7] 1181528B03NT002 C — Bâtiment réacteur - Consolidation de la précontrainte EPR_APD - Zones singulières de l'enceinte interne

[8] 1181528B03NT005 C — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note de modélisation de l'enceinte interne

[9] 1181528B03NT007 C — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Définition des cas de charges statiques élémentaires

[10] 1181528B03NT009 C — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note de calculs thermo-élastiques

[11] 1181528B03NT010 B — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note de calculs des champs thermiques permanents

[12] 1181528B03NT011 B — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note de calculs des champs thermiques accidentels

[13] 1181528B03NT012 C — Bâtiment réacteur - Calculs détaillés de l'enceinte interne - Dossier de présentation des résultats : déplacements et déformées des cas de chargement élémentaires

[14] 1181528B03NT013 B — Bâtiment réacteur - Calculs détaillés de l'enceinte interne - Dossier de présentation des résultats : efforts et moments

[15] 1181528B03NT028 E — Bâtiment réacteur - Calculs détaillés de l'enceinte interne - Analyse des contraintes dans la paroi de l'enceinte interne - A 25 ans - A 45 ans et en fin de durée d'exploitation

[16] 1181528B03NT038 E — Bâtiment réacteur - Calculs détaillés de l'enceinte interne - Phasage détaillé de mise en tension des câbles dôme partiellement achevé

[17] 1181528B03NT039 D EPR - CNPE de Flamanville - Bâtiment réacteur - Calculs détaillés de l'enceinte interne - Principe de construction de l'enceinte interne en partie haute

[18] ECEIG111414 B — Précontrainte de l'enceinte interne — utilisation du 55ème toron

[19] 892CD01001 C — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - établissement et description des hypothèses de dimensionnement

[20] 892CD01002 B — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - note générale de présentation des modélisations

[21] 892CD01003 B — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - note de modélisation des cas de charge et des conditions aux limites

[22] 892CD01004 B — Étude de la peau métallique (sans défaut) en situations de fonctionnement - Note de calcul en zone courante de l'enceinte (zone du fût cylindrique)

[23] 892CD01005 C — Étude de la peau métallique (sans défaut) en situations de fonctionnement Note de calcul en zone courante de l'enceinte (zone du dôme)

[24] EYRC2012FR0023 C — Bâtiment réacteur - Consoles pont polaire - Hypothèses de conception

[25] C00160NT0001 D — Bâtiment réacteur - Consoles pont polaire - Note de dimensionnement des consoles — Configuration d'ancrages CPL

[26] C00160NT0002 B — Bâtiment réacteur - Consoles pont polaire - Note de dimensionnement des consoles — Configuration d'ancrages CPL2

[27] C00160NT0003 B — Bâtiment réacteur - Consoles pont polaire - Note de dimensionnement des consoles — Configuration d'ancrages CPL3

[28] C00160NT0004 B — Bâtiment réacteur - Consoles pont polaire - Note de dimensionnement des consoles — Configuration d'ancrages CPL4

[29] 892CD01065 B — Etude des nouvelles consoles du pont polaire - Conception Eiffage - Note de surveillance par contre-calculs

FIG-3.5.1.1 BÂTIMENT RÉACTEUR — VUE EN COUPE 1

□

FIG-3.5.1.2 BÂTIMENT RÉACTEUR — VUE EN COUPE 2

FIG-3.5.1.3 BÂTIMENT RÉACTEUR — DÉVELOPPÉ DE LA PEAU MÉTALLIQUE DE L'ENCEINTE INTERNE 0 — 180°

□

FIG-3.5.1.4 BÂTIMENT RÉACTEUR — DÉVELOPPÉ DE LA PEAU MÉTALLIQUE DE L'ENCEINTE INTERNE 180 — 360°

SOMMAIRE

.3.5.2 TRAVERSÉES DE L'ENCEINTE	4
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	4
1. ACCÈS DES MATÉRIELS	4
1.1. POSITION, DIMENSIONS ET QUANTITÉ	4
1.2. EXIGENCES GÉNÉRALES DE CONCEPTION	4
1.3. CLASSEMENT DE SÛRETÉ	5
1.4. CRITÈRES DE CONCEPTION ET DE FABRICATION	5
1.5. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ACCÈS DES MATÉRIELS	5
1.6. DISPOSITIF D'ACCOUPLMENT DES BRIDES	6
1.7. DISPOSITIF D'ACCOSTAGE DES BRIDES	6
1.8. DISPOSITIF DE GUIDAGE ET DE LEVAGE DU TAMPON	7
1.9. PLANCHER LOURD MOBILE	7
1.10. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	7
1.11. FERMETURE MANUELLE DU TAMPON	8
1.12. CONTRÔLE ET COMMANDE DU TAMPON	8
1.13. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT ET DE VÉRIFICATION DE L'ÉTANCHÉITÉ	9
2. SAS PERSONNEL	9
2.1. POSITION, DIMENSIONS ET QUANTITÉ	9
2.2. EXIGENCES GÉNÉRALES DE CONCEPTION	9
2.3. CLASSEMENT DE SÛRETÉ	10
2.4. CRITÈRES DE CONCEPTION ET DE FABRICATION	10
2.5. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SAS	11
2.6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONCTIONNEMENT	11
2.7. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	13
2.8. CONTRÔLE ET COMMANDE DES SAS	13
2.9. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT ET DE VÉRIFICATION DE L'ÉTANCHÉITÉ	14
3. ACCÈS DE CHANTIER	14
3.1. DESCRIPTION	14
3.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	14

3.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT	14
4. TUBE DE TRANSFERT	15
4.1. DESCRIPTION	15
4.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	15
4.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT	16
5. TRAVERSÉES FLUIDES	16
5.1. INTRODUCTION	16
5.2. DESCRIPTION ET DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	16
5.2.1. TRAVERSÉE FLUIDE STANDARD	16
5.2.2. TRAVERSÉE FLUIDE HAUTE ÉNERGIE (H.E.)	17
5.2.3. TRAVERSÉES DE LIGNE VAPEUR OU D'EAU ALIMENTAIRE .	17
5.2.4. TRAVERSÉES D'ASPIRATION AUX PUISARDS RIS ET EVU .	17
5.2.5. TRAVERSÉES DE VENTILATION (EBA)	18
5.2.6. TRAVERSÉES DE RÉSERVE	18
5.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT	18
6. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES	18
6.1. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES DE L'ENCEINTE INTERNE	18
6.1.1. DISPOSITION GÉNÉRALE	18
6.1.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ	19
6.2. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES DE L'ENCEINTE EXTERNE	19
7. RÈGLES DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION	19
8. LISTE DES TRAVERSÉES	20
9. ANALYSE DE SÛRETÉ	21
9.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ	21
9.2. TEL QUE RÉALISÉ	21
LISTE DE REFERENCES	22

TABLEAUX :

TAB-3.5.2.1 LISTE DES TRAVERSÉES (TABLEAU 1 ENCEINTE INTERNE).....	23
---	-----------

FIGURES :

FIG-3.5.2.1 REPRESENTATION D'UNE TRAVERSEE FLUIDE HAUTE ENERGIE, DE LIGNE VAPEUR OU D'EAU ALIMENTAIRE AVEC FLASQUE	24
FIG-3.5.2.2 TRAVERSÉE DU TUBE DE TRANSFERT	25
FIG-3.5.2.3 TRAVERSÉE FLUIDE STANDARD.....	26
FIG-3.5.2.4 TRAVERSÉE FLUIDE HAUTE ÉNERGIE (H.E.).....	27
FIG-3.5.2.5 TRAVERSÉE DE LIGNE VAPEUR OU D'EAU ALIMENTAIRE.....	28
FIG-3.5.2.6 TRAVERSÉES D'ASPIRATION AUX PUISARDS RIS ET EVU	29
FIG-3.5.2.7 TRAVERSÉE DE VENTILATION (EBA)	30
FIG-3.5.2.8 ACCÈS DES MATÉRIELS (1/2 VUE DE FACE, 1/2 VUE DE CÔTÉ).....	31
FIG-3.5.2.9 SAS PERSONNEL	32

.3.5.2 TRAVERSÉES DE L'ENCEINTE

Les traversées de l'enceinte du bâtiment réacteur sont de plusieurs types :

- accès des matériels,
- sas personnel et sas de secours,
- accès de chantier,
- tube de transfert,
- traversées fluides,
- traversées électriques.

Cette section aborde la description des traversées, les bases de leur dimensionnement et les dispositions à prendre afin de garantir leur étanchéité.

A noter que toutes les traversées sont horizontales et disposées radialement par rapport au centre du bâtiment réacteur, à l'exception du tube de transfert.

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Les exigences de sûreté des ouvrages sismiques de catégorie 1 sont données dans la section 3.5.0.

Les exigences de sûreté pour le confinement et l'isolement de l'enceinte sont précisées respectivement dans les sections 6.2.1 EXIGENCES RELATIVES A LA FONCTION CONFINEMENT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE et 6.2.3 ISOLEMENT DE L'ENCEINTE.

1. ACCÈS DES MATÉRIELS

1.1. POSITION, DIMENSIONS ET QUANTITÉ

Le bâtiment réacteur dispose d'une traversée d'un diamètre de [] m pour l'accès des matériels au plancher de service du bâtiment réacteur au niveau [] m.

L'axe de cette traversée est situé à [] degrés à partir de la position de référence dans le sens des aiguilles d'une montre, au niveau [] m.

L'accès des matériels relie le bâtiment combustible au bâtiment réacteur, en traversant la paroi de l'enceinte externe et la paroi de l'enceinte interne renforcée localement à ce niveau.

Cet accès est obturé, pendant le fonctionnement de la tranche, par un fond bombé appelé tampon de l'accès des matériels. Dans la suite, le terme d'accès des matériels inclura ce tampon.

1.2. EXIGENCES GÉNÉRALES DE CONCEPTION

L'accès des matériels est conçu pour conserver son intégrité mécanique et pour remplir ses fonctions de base (notamment conservation de l'étanchéité de l'enceinte interne) dans toutes les situations, normales ou accidentelles, définies dans [Réf \[1\]](#). Sa conception tient compte du retour d'expérience acquis sur les accès des matériels des paliers précédents.

Les composants de l'accès des matériels sont conçus pour une durée de vie de 60 ans sauf les pièces remplaçables telles que par exemple les joints, les roulements du système de guidage du tampon et les treuils de levage.

Tous les câbles de contrôle et d'alimentation, ainsi que les tuyauteries des circuits hydrauliques et/ou pneumatiques, sont protégés contre les dommages.

1.3. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

L'accès des matériels est classé de sûreté conformément au sous-chapitre [§ 3.2.](#) CLASSEMENT DES OUVRAGES, DES MATÉRIELS ET DES SYSTÈMES.

1.4. CRITÈRES DE CONCEPTION ET DE FABRICATION

Pour la conception des pièces de l'accès des matériels les chargements élémentaires suivants sont pris en compte :

- les conditions normales de pression et de température à l'intérieur de l'enceinte,
- la dépression de l'espace-entre-enceintes par rapport à l'intérieur du bâtiment réacteur,
- le poids propre des structures et des équipements,
- la présence d'équipements de manutention,
- la présence de charges d'exploitation,
- la présence de charges induites par les déformations de l'enceinte interne (dues à la précontrainte, au retrait / fluage du béton),
- les déplacements différentiels entre enceintes,
- les conditions d'épreuve de l'enceinte (voir [§ 1.13.](#)),
- le séisme de dimensionnement,
- les conditions accidentelles de pression et de température à l'intérieur comme à l'extérieur de l'enceinte,

Les combinaisons des chargements sont définies dans la [Réf \[1\]](#) chapitre 1.5.2.2.

De plus la conception et la construction du tampon matériel prennent en compte les caractéristiques suivantes :

- la tolérance de positionnement des viroles dans l'enceinte interne et l'enceinte externe,
- les déplacements différentiels entre les enceintes interne et externe induits par la précontrainte de l'enceinte interne et ceux induits par la pression lors de l'épreuve enceinte et le séisme,
- les effets thermiques,
- l'ovalisation prévisible des viroles,
- le voilement prévisible des brides de la virole et du tampon,
- les principes d'assemblage et les contraintes de fonctionnement de la centrale.

Les articles, les approvisionnements matières, les processus de fabrication des structures soudées constituant l'enveloppe sous pression de l'accès des matériels (tampon, viroles, brides) sont réalisés en conformité avec les exigences précisées dans [Réf \[1\]](#).

Les petits accessoires n'entrant pas dans la résistance ou non critiques vis-à-vis du processus de fermeture du tampon ne sont pas soumis aux exigences de [Réf \[1\]](#).

1.5. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ACCÈS DES MATÉRIELS

L'accès des matériels est constitué des éléments principaux suivants (voir [FIG-3.5.2.8](#)) :

- de deux viroles cylindriques ancrées au moyen de collerettes noyées dans le béton respectivement de l'enceinte interne et de l'enceinte externe. Les viroles sont reliées par un compensateur de déplacements différentiels (étanche dans tous les cas de fonctionnement y compris accidentels),
- d'un tampon accouplé à la virole interne par brides,

- d'un plancher lourd mobile assurant la continuité entre le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible lorsque le tampon est en position de stockage,
- d'un système de double joint localisé entre la bride tampon et la bride virole qui garantit l'étanchéité de la jonction,
- d'un ensemble de tuyauteries, de vannes, de raccords permettant de :
 - contrôler l'étanchéité du tampon,
 - collecter dans l'espace inter-joints via le système EPP une éventuelle fuite due au joint intérieur du double joint du tampon.
- d'équipements de manutention :
 - dispositif d'accouplement des brides,
 - dispositif d'accostage des brides (translation horizontale du tampon),
 - dispositifs de guidage et de levage du tampon nécessaire à l'ouverture, au stockage en position haute et à la fermeture du tampon d'accès des matériels,
 - dispositif de verrouillage en position haute par crochets de maintien,
 - dispositifs particuliers pour désolidariser le tampon de ses rails après serrage des clames.

1.6. DISPOSITIF D'ACCOUPEMENT DES BRIDES

Le dispositif d'accouplement consiste en 40 clames à vérins hydrauliques régulièrement réparties sur la périphérie des brides. Ces clames sont du type de celles utilisées sur les paliers P'4. Il s'agit de clames à fonctionnement semi-automatique du fait qu'une intervention manuelle est nécessaire pour positionner correctement les clames avant leur serrage.

Les clames sont munies d'un dispositif intégré de mise en tension par vérin hydraulique connecté à une conduite annulaire alimentée par une centrale hydraulique mobile. Le serrage des clames est réalisé simultanément afin de garantir une tension homogène dans les clames, et une compression homogène de la bride tampon sur la bride virole.

L'effort de serrage est transmis mécaniquement par la mise en place par l'opérateur d'une butée mécanique permettant le maintien de l'effort de serrage après relâchement de la pression dans le vérin. Aucune pression résiduelle n'est présente dans le circuit hydraulique.

Le temps de serrage et de desserrage permet un temps d'ouverture et de fermeture du tampon inférieur à 1 h hors test d'étanchéité en mode automatique.

Le dimensionnement de ces clames est tel que :

- en situation perturbée, les efforts de compression transitant par le talon extérieur de la bride virole sont suffisants pour permettre la reprise du poids propre et des efforts sismiques transversaux par frottement,
- les clames remplissent leur fonction de serrage quelle que soit l'évolution de la géométrie des brides dans le temps (apparition de défauts d'ovalisation et de voilement dus au fluage du béton de l'enceinte interne) ; cette évolution est calculée lors du dimensionnement pour toutes les situations de fonctionnement en fin de vie de la tranche,
- le contact métal/métal et le serrage du double joint sont assurés en toutes situations normales et accidentelles sur toute la périphérie des brides.

1.7. DISPOSITIF D'ACCOSTAGE DES BRIDES

Le dispositif d'accostage permet de réaliser une translation horizontale du tampon entre la position de contact sans effort du joint sur la bride du tampon en phase de fermeture (ou sur la bride virole si le

joint est monté sur la bride tampon), et la position reculée en phase d'ouverture avant la levée du tampon.

La motorisation de la translation est réalisée par deux vérins électriques à vis à entraînement par moto-réducteurs fixés sur les coulisseaux de guidage du tampon.

Un dispositif de verrouillage mécanique par deux pions (un par coulisseau), mis en place à l'aide d'un vérin électrique à vis dans un orifice pratiqué dans la structure de guidage du tampon, assure le blocage de la translation du tampon lors des phases de levée et de descente.

1.8. DISPOSITIF DE GUIDAGE ET DE LEVAGE DU TAMPON

Le dispositif de guidage en translation verticale du tampon est constitué de deux coulisseaux et de deux rails de guidage. Chaque rail de guidage est fixé en partie haute et en partie basse sur des structures mécano-soudées. Ces structures sont fixées sur des platines ancrées dans le béton de l'enceinte interne.

Le mouvement vertical du tampon est assuré par deux treuils. Les deux treuils sont synchronisés et chaque treuil reprend la moitié de la charge à lever. Chaque treuil comporte deux câbles dimensionnés sur la base de la moitié de la masse du tampon. Dans le cas d'une rupture de câble, il est toujours possible de lever ou de baisser le tampon matériel.

Un contacteur n'autorise la levée du tampon que lorsque celui-ci est en fin de course de la translation horizontale et que les pions permettant de bloquer cette translation sont en place.

Deux crochets solidaires des rails de guidage du tampon permettent son maintien en position ouverte dite "de stockage" de façon sûre, y compris sous séisme.

Des capteurs de fin de course des coulisseaux permettent la surveillance des séquences de fonctionnement par le système de contrôle et de commande et le fonctionnement sûr du dispositif. Des butées mécaniques de sécurité limitent la course ascendante des coulisseaux.

1.9. PLANCHER LOURD MOBILE

Le plancher lourd est utilisé pour le passage de composants de masse importante au travers de l'accès des matériels.

Il est constitué d'un plancher articulé et d'un plancher mobile :

- le plancher relevable est articulé sur le bord du plancher du bâtiment combustible, son mouvement de rotation est effectué par deux palans qui soulèvent cette partie articulée,
- le plancher mobile est guidé en translation horizontale sur une voie de roulement solidaire de la virole interne. Le mouvement de translation est assuré par un motoréducteur associé à un système de pignon - crémaillère.

Les mouvements des planchers articulé et mobile sont contrôlés par des capteurs fin de course.

1.10. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

La virole est mise en place avant le bétonnage de l'enceinte interne. Ce fourreau est soudé au liner métallique (voir section 3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU METALLIQUE) à l'aide d'une collerette assurant ainsi la continuité de l'étanchéité de l'enceinte interne.

Le dispositif d'étanchéité au niveau des brides est constitué d'un double joint fixé dans une gorge et donc solidaire de la bride virole, et ménageant un espace pressurisable permettant d'effectuer le test d'étanchéité.

Une fois le tampon fermé, le double joint est comprimé en appui sur la face plane de la bride tampon. Par conséquent le joint n'est pas en contact direct avec l'atmosphère du bâtiment réacteur. Un

dispositif monté sur une des brides et recouvrant leur plan d'appui permet de protéger complètement le joint de tout dépôt de contamination en cas d'accident grave.

Le profil, la matière et la localisation des joints d'étanchéité leur permettent de résister à la pression, à la température et au rayonnement. Les joints sont qualifiés aux conditions d'environnement auxquelles ils peuvent être soumis, conformément aux exigences du sous-chapitre 3.7. Les joints ne sont pas gonflables.

L'espace contenu entre les deux joints du double joint est maintenu en dépression grâce au système de mise en dépression de l'espace-entre-enceintes (EDE) via un raccordement à une ligne du système d'extraction des fuites (EPP). Cette ligne est protégée contre les sollicitations mécaniques fortuites.

1.11. FERMETURE MANUELLE DU TAMPON

Les dispositifs de manutention et de bridage du tampon décrits ci-avant permettent sa fermeture en cas d'accident avec perte de l'alimentation électrique.

1.12. CONTRÔLE ET COMMANDE DU TAMPON

Pupitre dans le bâtiment réacteur

Un pupitre de contrôle et de commande local est situé à l'intérieur du bâtiment réacteur à proximité du tampon.

Tous les boutons de commande de ce pupitre sont clairement disposés. Ils sont lisibles, compréhensibles et étiquetés de façon durable, et ils résistent aux conditions accidentelles de pression et de température. Ils sont facilement accessibles.

A tout bouton de commande correspond une signalisation visuelle identifiable sur le synoptique du pupitre.

Le pupitre de contrôle est positionné de manière à ce que l'opérateur ne soit pas mis en danger par les parties en mouvement du tampon ou du plancher lourd mobile.

Les boutons de commande dédiés au tampon et au plancher lourd mobile sont clairement dissociés sur le pupitre. Ils sont disposés d'une manière claire.

Les procédures d'ouverture et de fermeture du tampon ne peuvent être appliquées que lorsque l'autorisation est donnée par la salle de commande.

Arrêt d'urgence

Le tampon est équipé d'un bouton d'arrêt d'urgence qui bloque immédiatement tout mouvement du tampon et du plancher lourd en cas de nécessité. Cet arrêt d'urgence coupe l'alimentation des dispositifs d'entraînement des treuils et du plancher lourd et active leurs freins.

Liaison vers la salle de commande

Le pupitre de contrôle et de commande de la salle de commande a les caractéristiques suivantes :

- si le tampon ou le plancher mobile est en mouvement, un signal lumineux apparaît sur le pupitre et un signal sonore est émis,
- un bouton de commande sécurisé équipe le pupitre afin de pouvoir désactiver le pupitre de contrôle et de commande dans le bâtiment réacteur lorsque la tranche est en fonctionnement,
- un bouton de commande protégé équipe le pupitre afin de pouvoir ramener le tampon en position fermée,

- chaque position et mouvement du tampon et chaque position et mouvement du plancher lourd mobile sont identifiables sur le synoptique du pupitre,
- un bouton de commande sécurisé équipe le pupitre afin de pouvoir donner la main au pupitre de commande à l'intérieur du bâtiment réacteur.

1.13. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT ET DE VÉRIFICATION DE L'ÉTANCHÉITÉ

Les conditions de pression, de température et d'irradiation sont définies au sous-chapitre 3.7.

La qualification des joints est assurée grâce à l'usage de maquettes représentatives. Les valeurs retenues pour les pressions et températures de dimensionnement en épreuve enceinte et pour la vérification de l'étanchéité sont rappelées ci-dessous.

	<i>Dimensionnement</i>	<i>Epreuve enceinte pré-opérationnelle</i>	<i>Vérification de l'étanchéité</i>
<i>Pression (bar,abs.)</i>	□	□	□
<i>Température (°C)</i>	□	□	□

Ainsi, les conditions d'environnement auxquelles les joints du tampon d'accès matériel sont qualifiés sont celles retenues pour les matériels participant à l'étanchéité du confinement.

2. SAS PERSONNEL

2.1. POSITION, DIMENSIONS ET QUANTITÉ

Le bâtiment réacteur dispose de deux sas pour l'accès du personnel.

Le premier sas permet l'accès au niveau □ m à partir du bâtiment de sauvegarde. Ce sas, dont le diamètre extérieur de l'enveloppe métallique est de □ m, est solidaire d'une virole métallique de □ m de diamètre ancrée dans l'enceinte interne du bâtiment réacteur au niveau d'une nervure par deux collerettes. Puis le sas traverse l'enceinte externe du bâtiment réacteur au niveau d'une pénétration de □ m de diamètre munie d'une virole également ancrée dans le béton par des collerettes. Le sas et cette deuxième virole sont reliées par un compensateur de déplacements différentiels. L'axe de la traversée est situé au □, au niveau □ m.

Le second sas, de même diamètre, permet l'accès au plancher de service à □ m à partir du bâtiment combustible. L'axe de la traversée est situé à l'angle □ degrés, au niveau □ m.

Les deux sas personnel sont identiques et sont fixés de la même façon sur l'enceinte interne, à travers une nervure, et sur l'enceinte externe.

2.2. EXIGENCES GÉNÉRALES DE CONCEPTION

Les sas, les parties soudées des éléments de ces sas et les composants soumis à la pression, sont conçus pour conserver leur intégrité mécanique et pour remplir leurs fonctions de base (notamment conservation de l'étanchéité de l'enceinte interne) dans toutes les situations, normales ou accidentelles, définies dans [Réf \[1\]](#).

Les composants des sas sont conçus pour une durée de vie de 60 ans, excepté pour les pièces normales d'usure telles que :

- les joints en élastomère prévus pour une durée de vie minimale de 10 ans,
- les composants électriques (hors traversées électriques des sas).

Tous les câbles de contrôle et d'alimentation, ainsi que les tuyauteries des circuits hydrauliques et/ou pneumatiques sont protégés contre les dommages mécaniques.

Après un accident les sas doivent pouvoir être ouverts manuellement.

2.3. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les sas sont classés de sûreté conformément au sous-chapitre 3.2 CLASSEMENT DES OUVRAGES, DES MATÉRIELS ET DES SYSTEMES.

2.4. CRITÈRES DE CONCEPTION ET DE FABRICATION

Pour la conception des sas les chargements élémentaires suivants sont pris en compte :

- les conditions normales de pression et de température à l'intérieur de l'enceinte,
- la dépression de l'espace-entre-enceintes par rapport à l'intérieur du bâtiment réacteur,
- le poids propre des structures et des équipements de manutention,
- la présence de charges d'exploitation,
- la présence de charges induites par les déformations de l'enceinte interne (dues à la précontrainte, au retrait / fluage du béton),
- les déplacements différentiels entre enceintes,
- les conditions d'épreuve de l'enceinte (voir [§ 1.13.](#)),
- le séisme de dimensionnement,
- les conditions accidentelles de pression et de température à l'intérieur comme à l'extérieur de l'enceinte,

Les combinaisons des chargements sont définies dans la [Réf \[1\]](#).

De plus la conception et la construction des sas prennent en compte les caractéristiques suivantes :

- la tolérance de positionnement des viroles dans l'enceinte interne et l'enceinte externe,
- les déplacements différentiels entre les enceintes interne et externe induits par la précontrainte de l'enceinte interne, et ceux induits par la pression lors de l'épreuve enceinte et le séisme,
- les effets thermiques,
- les principes d'assemblage et les contraintes de fonctionnement de la centrale.

Les matériels d'étanchéité (enveloppe, portes, virole...) des sas sont conçus et fabriqués en conformité avec les exigences de [Réf \[1\]](#).

Pour les éléments reliant les matériels d'étanchéité (charnières, poutre supportant la porte, verrou), les grandeurs et facteurs d'influence et les combinaisons à prendre en compte sont ceux concernant les matériels d'étanchéité lorsqu'ils sont applicables. Leur dimensionnement est également soumis au respect de [Réf \[1\]](#).


Les accessoires n'entrant pas dans la résistance ou non critiques vis-à-vis du processus de fermeture des sas ne sont pas soumis aux exigences de [Réf \[1\]](#) ou du RCC-M (cas du petit matériel).

2.5. DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SAS

Les sas sont destinés au passage du personnel et de petits matériels, sans affecter la fonction d'étanchéité de l'enceinte de confinement. Les sas sont de conception et de fonctionnement identiques et ils sont constitués (voir [FIG-3.5.2.9](#)) :



Des choix de conception et des mesures administratives interdisent l'accès non autorisé dans l'enceinte du bâtiment réacteur.

La capacité de chacun des sas personnel est de  personnes.

2.6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONCTIONNEMENT

L'installation est conçue pour une manœuvre en automatique et en manuel des portes du sas par des commandes locales situées à proximité de chacune des portes à manœuvrer.

La mise en service du sas est effectuée depuis la salle de commande sur demande de l'utilisateur. La mise hors service interdit son utilisation dans le sens de l'entrée dans le bâtiment réacteur.

L'autorisation d'entrée est donnée par la salle de commande sur les deux portes ; aucune autorisation n'est nécessaire pour la sortie. L'ordre d'autorisation est d'une durée suffisante pour exécuter un transfert.

Un système de signalisation sur les différents pupitres et en salle de commande renseigne l'utilisateur sur l'état des portes du sas, le mode de fonctionnement, les différents incidents, défauts ou fausses manœuvres survenant au cours du déroulement de l'opération. En commande manuelle, les signalisations restent en service.

L'installation permet également :

- lorsque le sas est hors service, l'entrée dans le bâtiment réacteur peut se faire sans intervention de la salle de commande par l'utilisation d'un bouton poussoir « entrée d'urgence » situé sur le pupitre extérieur enceinte ; ce bouton poussoir fonctionne en parallèle avec l'autorisation de la salle de commande,
- le déséclusage dans certaines conditions (voir ci-après l'alinéa sur le déséclusage) ; quand ces conditions ne sont pas remplies, un dispositif d'interverrouillage interdit l'ouverture simultanée des deux portes du sas,
- l'utilisation du sas en caisson de compression - décompression ,
- la manœuvre, aussi bien en mode manuel qu'en mode automatique (sauf exception figurant à l'alinéa ci-après sur le pupitre) de l'une des portes du sas quel que soit le pupitre devant lequel est placé l'opérateur, ce qui suppose la présence de six volants de manœuvre,
- le passage du colis de référence en éclusé, la continuité du sol étant reconstituée automatiquement à l'ouverture des portes,
- le passage d'un brancard en éclusé.

Sur ordre d'isolement enceinte, l'alimentation principale du sas est interrompue : dans ce cas l'alimentation secourue interdit l'utilisation du sas en manuel et en automatique dans le sens de l'entrée dans l'enceinte. La sortie du bâtiment réacteur est toujours possible en manuel quelles que soient les circonstances.

Interverrouillage des portes

Le mécanisme de commande des portes comporte un dispositif tel que chaque porte ne peut être ouverte que lorsque l'autre porte est fermée et que le dispositif d'égalisation des pressions de cette dernière l'est aussi, que le mode de fonctionnement soit manuel ou automatique.

La suppression de ce dispositif d'interverrouillage n'est effectuée que pour l'opération de déséclusage décrite ci-après.

Fonctionnement normal

Lorsque le sas est en service, le passage du personnel est prévu en mode automatique par action sur un nombre réduit de boutons poussoirs : les différentes séquences élémentaires d'ouverture ou de fermeture d'une porte s'enchaînent automatiquement.

En mode automatique il est possible à tout moment d'arrêter la manœuvre en cours en actionnant le bouton poussoir « arrêt séquence ».

Le passage du mode automatique au mode manuel est possible à tout moment.

Le passage du mode manuel au mode automatique n'est possible qu'en fin de chacune des séquences élémentaires.

Le passage du personnel est également possible en mode manuel dans les cas suivants :

□

□ après la sélection du mode manuel, le sas se remet en mode automatique.

Equilibrage des pressions

Chaque porte est équipée d'une tuyauterie traversante et de deux vannes motorisées de part et d'autre de la porte pour l'équilibrage des pressions effectué par ouverture des vannes dès le début de la phase de déverrouillage.

Un système d'interverrouillage interdit, sauf dans le cas du déséclusage, l'ouverture simultanée des vannes d'équilibrage de chacune des portes d'un sas.

Les vannes motorisées d'équilibrage des pressions sont secourues électriquement par les diesels principaux. Elles sont équipées de capteurs de fin de course.

Le réglage de ces vannes prend en compte les contraintes physiologiques admissibles par le corps humain.

La manœuvre des portes des sas est asservie à un contrôle de la différence de pression afin de se prémunir de l'ouverture brutale des portes en cas de pression résiduelle importante. La valeur du seuil de Δp résiduelle est de □ mbar.

Déséclusage

Ce fonctionnement n'est autorisé que tranche à l'arrêt.

La suppression de l'interverrouillage mécanique et électrique des deux portes est effectuée □.

L'opération de déséclusage n'est possible que lorsque l'équilibre des pressions de part et d'autre du sas est réalisé.

Lorsque le sas est « en désécluse » :

□

Utilisation en caisson de compression et décompression

Des piquages permettent la mise en place de dispositifs amovibles d'amenée d'air comprimé et d'évacuation de l'air du sas.

Les sas disposent également de dispositifs permettant d'enregistrer, depuis l'entrée côté bâtiments périphériques, la pression dans le bâtiment réacteur et dans le sas, ainsi que la nature des gaz respirés.

2.7. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

Au niveau de l'enceinte interne, l'étanchéité de la traversée est assurée par soudage de la virole sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé, d'une part en périphérie de la virole, et d'autre part sur la peau métallique.

Les portes interne et externe des sas personnel disposent d'un double joint muni d'un dispositif de test d'étanchéité.

L'espace contenu entre les deux joints du double joint de la porte externe de chacun des deux sas est maintenu en dépression grâce au système de mise en dépression de l'espace-entre-enceintes (EDE) via un raccordement de la ligne du système d'extraction des fuites (EPP). Le compensateur de déplacements différentiels assure l'étanchéité de l'espace-entre-enceintes vis-à-vis de l'extérieur du bâtiment réacteur.

Les systèmes d'égalisation des pressions, la barre d'inter-verrouillage, les volants de manœuvre et toute pénétration mécanique participant à l'étanchéité des sas sont rendus étanches par l'utilisation de joints concentriques, écrasables, séparés par un espace pressurisable permettant d'effectuer le test d'étanchéité. Une ligne permet d'effectuer ce test et de collecter les fuites éventuelles.

Le profil, la matière et la localisation des joints d'étanchéité leur permettent de résister à la pression, à la température et au rayonnement. Les joints dans leur environnement doivent être qualifiés conformément aux exigences du sous-chapitre 3.7. Ces joints ne sont pas gonflables.

2.8. CONTRÔLE ET COMMANDE DES SAS

Pupitres de contrôle et de commande

Chaque sas dispose de trois pupitres de contrôle et de commande local : un à l'extérieur de l'enceinte côté bâtiment périphérique, un à l'intérieur du sas et un à l'intérieur du bâtiment réacteur.

Tous les boutons de commande de ces pupitres sont clairement disposés. Ils sont lisibles, compréhensibles et étiquetés de façon durable et résistante à ce qu'ils peuvent subir en APRP. Ils sont facilement accessibles.

Les pupitres de contrôle sont positionnés de manière à ce que l'opérateur ne soit pas mis en danger par le mouvement des portes du sas ou des planchers escamotables.

A tout bouton de commande correspond une signalisation visuelle identifiable sur le synoptique du pupitre.

Liaison vers la salle de commande

Le pupitre de commande en salle de commande a les mêmes fonctions que chaque pupitre local décrit ci-dessus.

De plus chaque pupitre de contrôle et de commande de la salle de commande a les caractéristiques suivantes :

- si les deux portes d'un même sas sont ouvertes simultanément, un signal lumineux apparaît sur le pupitre correspondant et un signal sonore est émis (hors cas de fonctionnement "en déséclusé"),

- un bouton de commande sécurisé est installé sur chaque pupitre afin de pouvoir désactiver le pupitre de contrôle et de commande à l'extérieur de l'enceinte lorsque la tranche est en fonctionnement,
- un bouton de commande protégé est installé sur chaque pupitre afin de pouvoir ramener les deux portes d'un même sas en position portes fermées,
- la position de chacune des portes est identifiable sur le synoptique du pupitre correspondant,
- chaque pupitre est équipé d'un bouton de commande sécurisé avec lequel la main peut être donnée au pupitre de commande du sas correspondant.

2.9. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT ET DE VÉRIFICATION DE L'ÉTANCHÉITÉ

Le profil, la matière et la localisation des joints d'étanchéité leur permettent de résister à la pression, à la température et au rayonnement. Les joints sont qualifiés aux conditions d'environnement auxquelles ils peuvent être soumis, conformément aux exigences du sous-chapitre 3.7. Les joints ne sont pas gonflables.

Les valeurs retenues pour les pressions et températures de dimensionnement, d'épreuve enceinte et pour la justification de la conservation de l'étanchéité sont celles rappelées au [§ 1.13.](#) Ainsi, les conditions d'environnement auxquelles les joints des sas sont qualifiés sont celles retenues pour les matériels participant à l'étanchéité du confinement.

3. ACCÈS DE CHANTIER

3.1. DESCRIPTION

Pendant la phase de construction, le bâtiment réacteur dispose d'un accès provisoire au niveau m à partir du bâtiment combustible.

Cette traversée, d'axe situé à degrés, au niveau m, est constituée d'une ouverture d'un diamètre de m dans l'enceinte interne équipée d'une virole métallique et fermée, une fois la phase de construction achevée, par un tampon métallique soudé sur la virole ; dans l'enceinte externe, une trémie provisoire est laissée dans la paroi en phase de construction pour être bétonnée en seconde phase avant la mise en service, reconstituant ainsi l'intégrité de la paroi.

3.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

L'étanchéité de la traversée est assurée par soudage de la virole sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé, d'une part en périphérie du fourreau et d'autre part sur la peau métallique.

Pour ancrer la traversée dans la paroi interne, la virole est équipée de deux collerettes soudées sur sa périphérie et noyées dans le béton.

Des dispositions sont prises pour pouvoir injecter la trémie provisoire dans la paroi externe de l'accès de chantier après son bétonnage.

3.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement de l'accès de chantier répond aux mêmes exigences que celles du dimensionnement de l'enceinte interne (voir section 3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU METALLIQUE et [§ 7.](#) ci-après). Le dimensionnement du fourreau de l'accès de chantier fait l'objet d'une note de calcul spécifique.

4. TUBE DE TRANSFERT

4.1. DESCRIPTION

Le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible sont reliés par un tube de transfert qui permet le passage des éléments combustibles de l'un à l'autre, en position horizontale, grâce au dispositif de transfert du combustible dont la description et la fonction sont précisées en 9.1.4 SYSTEME DE MANUTENTION DU COMBUSTIBLE (voir aussi figure [FIG-3.5.2.2](#)).

Le tube de transfert traverse successivement :

- le voile de la piscine de transfert du bâtiment réacteur,
- l'enceinte interne (point fixe),
- l'enceinte externe,
- le voile de la piscine de transfert du bâtiment combustible.

La traversée du tube de transfert est située à la position \square degrés dans le référentiel du bâtiment réacteur, avec son axe au niveau \square m. La traversée n'a pas une direction radiale par rapport au centre du bâtiment réacteur, mais est translatée de \square de la position de référence 0 – 180 degrés.

4.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

Les parois interne et externe de l'enceinte ainsi que le voile de la piscine de transfert du bâtiment réacteur, traversés par le tube de transfert, sont équipés d'un fourreau.

Au niveau de l'enceinte interne, l'étanchéité de la traversée est assurée par soudage du fourreau sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé, d'une part en périphérie du fourreau, et d'autre part sur la peau métallique.

Pour ancrer la traversée dans les voiles rencontrés, les fourreaux sont équipés de collerettes soudées sur leur périphérie et noyées dans le béton.

Le tube de transfert est fixé au fourreau de l'enceinte interne via un flasque soudé. De plus, un compensateur de déplacements différentiels métallique assure la liaison du tube avec le fourreau de l'enceinte externe.

Deux enveloppes extérieures concentriques avec le tube de transfert sont constituées à chaque extrémité du tube, une enveloppe étant connectée à la paroi de la piscine de transfert du bâtiment réacteur, la deuxième étant connectée à la paroi de la piscine de transfert du bâtiment combustible. Ces enveloppes consistent en des compensateurs de déplacements différentiels métalliques soudés, d'une part au tube et d'autre part à des cadres solidaires du génie civil. Chaque enveloppe est soudée au tube de transfert via un flasque de façon à assurer une double étanchéité.

Les compensateurs permettent de compenser les déplacements différentiels entre l'enceinte interne qui est liée rigidement au tube de transfert et, l'enceinte externe et les parois des piscines de transfert. Les tassements différentiels entre bâtiment réacteur et bâtiment combustible sont très faibles en raison du radier commun.

Pendant le fonctionnement du réacteur, le tube de transfert est isolé côté bâtiment combustible par une vanne manuelle actionnée depuis le plancher de service, et côté bâtiment réacteur par une tige boulonnée à ouverture et fermeture rapide afin d'assurer le confinement de l'enceinte (voir sous-chapitre 6.2 SYSTEMES DE CONFINEMENT). L'espace contenu entre les deux joints du double joint de la vanne côté bâtiment combustible est maintenu en dépression grâce au système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE) via un raccordement de la ligne du système d'extraction des fuites (EPP)

4.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement du tube de transfert répond aux mêmes exigences que celles du dimensionnement de l'enceinte, pour les parois interne et externe (voir sections 3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU METALLIQUE et 3.5.4 AUTRES OUVRAGES CLASSES SISMIQUES CATEGORIE I et le § 7. ci-dessous). Le dimensionnement du fourreau du tube de transfert fait l'objet d'une note de calcul spécifique.

5. TRAVERSÉES FLUIDES

5.1. INTRODUCTION

Les traversées fluides sont de plusieurs types, différenciés essentiellement par la nature du fluide transporté :

- traversées de tuyauterie véhiculant du fluide à haute énergie (H.E. : pression de service du fluide > 20 bar ou température de service du fluide > 100°C),
- traversées de ligne vapeur ou d'eau alimentaire,
- traversées de tuyauterie fluide standard,
- traversées d'aspiration aux puisards RIS et EVU,
- traversées de réserve,
- traversées de ventilation.

La rupture de la traversée d'une tuyauterie fluide H.E. ou d'une ligne vapeur ou d'eau alimentaire pourrait entraîner la dégradation d'autres systèmes ou accroître la pression dans l'espace-entre-enceintes. La conception de ces traversées diffère donc de la conception d'une traversée fluide standard.

Les fourreaux des traversées fluides sont réalisés en acier \square pour l'enceinte interne. Les fourreaux de l'enceinte externe sont réalisés en acier \square .

Des collerettes d'ancrage peuvent être ajoutées sur les fourreaux si nécessaire pour la bonne reprise des efforts. Si l'adhérence suffit à reprendre les efforts amenés par la tuyauterie, les fourreaux doivent être a minima équipé d'une collerette d'étanchéité conformément aux requis de [Réf \[1\]](#).

5.2. DESCRIPTION ET DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

5.2.1. Traversée fluide standard

Une traversée fluide standard est composée des éléments suivants (voir [FIG-3.5.2.3](#) et nota¹) :

- dans chacune des deux parois de l'enceinte du bâtiment réacteur, un fourreau cylindrique en acier noyé et ancré dans le béton,
- un flasque de raccordement soudé entre la ligne (ou les lignes) traversante(s) et le fourreau de l'enceinte interne (point fixe de la tuyauterie),
- un soufflet d'expansion métallique, soudé entre la ligne (ou les lignes) traversante(s) et le fourreau de l'enceinte externe (joint d'étanchéité), dont le rôle est de permettre les déplacements différentiels entre la traversée, solidaire de la paroi interne, et la paroi externe. A cet effet une engravure est pratiquée sur l'intrados de la paroi de l'enceinte externe afin de réaliser la soudure. Cette engravure est de forme tronconique et comporte des aciers dépliables pour assurer un bon rebouchage de la réservation, afin de reconstituer l'enrobage des aciers de l'enceinte externe. Le

1. Nota : quelques traversées de type standard présentent la particularité de comporter deux lignes traversantes dans le même fourreau (leur diamètre est alors inférieur à 50 mm).

rebouchage n'est pas réalisé sur toute la profondeur de l'engravure afin de permettre le contrôle de la soudure durant toute le vie de la tranche.

Au niveau de l'enceinte interne, l'étanchéité de la traversée est assurée par soudage du fourreau sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé, d'une part en périphérie du fourreau et d'autre part sur la peau métallique.

Pour ancrer la traversée dans les parois de l'enceinte, les fourreaux sont équipés de collerettes soudées sur leur périphérie et noyées dans le béton.

5.2.2. Traversée fluide haute énergie (H.E.)

Une traversée de fluide à haute énergie est composée des éléments suivants (voir [FIG-3.5.2.4](#)) :

- dans chacune des deux parois de l'enceinte du bâtiment réacteur, un fourreau cylindrique en acier noyé et ancré dans le béton ; le fourreau de l'enceinte interne est prolongé sur la largeur de l'espace-entre-enceintes, notamment par une manchette de raccordement soudée, et au-delà du parement extradados de l'enceinte externe, et porte le nom de tube de confinement. Son rôle est d'empêcher la pressurisation et/ou la montée en température de l'espace-entre-enceintes en cas de rupture de tuyauterie dans cette zone,
- un flasque de raccordement liant la tuyauterie au tube de confinement, déporté à l'intérieur de l'espace-entre-enceintes, de façon à se prémunir du risque de fuite directe vers l'extérieur en cas de défaillance de la soudure entre le flasque et la ligne traversante,
- un soufflet d'expansion, métallique, soudé entre le flasque ou la manchette de raccordement et le fourreau de l'enceinte externe (joint d'étanchéité), dont le rôle est de permettre les déplacements différentiels entre la traversée solidaire de la paroi interne, et la paroi externe. A cet effet une engravure est pratiquée sur l'intrados de la paroi de l'enceinte externe afin de réaliser la soudure. Cette engravure est de forme tronconique et comporte des aciers dépliables pour assurer un bon rebouchage de la réservation, afin de reconstituer l'enrobage des aciers de l'enceinte externe. Le rebouchage n'est pas réalisé sur toute la profondeur de l'engravure afin de permettre le contrôle de la soudure durant toute le vie de la tranche.

5.2.3. Traversées de ligne vapeur ou d'eau alimentaire

Pour les lignes vapeur et d'eau alimentaire, en sus des dispositions prises pour les traversées de fluide H.E., un tube pare-jet est ajouté côté intérieur du bâtiment réacteur. Son rôle est de protéger le fourreau de l'enceinte interne et d'éviter tout effet néfaste sur le béton en cas de rupture de la soudure entre la ligne en amont de la traversée et le flasque de raccordement au fourreau (limitation de la température au contact du béton) (voir [FIG-3.5.2.5](#)). En outre contrairement aux traversées HE définies dans le paragraphe précédent, les lignes vapeur et eau alimentaire sont équipées d'un calorifuge permettant de limiter les transferts thermiques vers le génie civil.

Les soudures entre le flasque et les deux parties du tube de confinement (dont la manchette de raccordement) doivent être suffisamment éloignées du corps du flasque pour permettre leur contrôle par radiographie ou ultrasons. La conception du tube pare-jet doit également permettre ce type de contrôle.

5.2.4. Traversées d'aspiration aux puisards RIS et EVU

Les traversées d'aspiration aux puisards RIS et EVU cheminent à travers le radier des structures internes du bâtiment réacteur et le gousset de l'enceinte. Elles se situent entre les altimétries \square m et \square m avec une pente légèrement descendante. Elles sont au nombre de \square et sont dirigées vers les bâtiments de sauvegarde 1 à 4. Les lignes sont utilisées en cas d'APRP et en cas d'accident grave.

Le flasque liant la tuyauterie d'aspiration au fourreau traversant le radier est situé à l'extrémité du fourreau côté puisard. Un tube de confinement est soudé, d'une part au fourreau de traversée du radier du côté du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, et d'autre part à l'enveloppe externe de la vanne d'isolement de l'enceinte (voir [FIG-3.5.2.6](#)). Contrairement aux traversées fluides classiques, le fourreau des traversées RIS et EVU est réalisé en acier \square défini selon la norme NF EN \square . La collerette

de jonction avec le liner d'étanchéité de l'enceinte est quant à elle réalisée dans la même matière que le liner soit un acier [] .

5.2.5. Traversées de ventilation (EBA)

Pour les gaines de ventilation traversant les deux parois de l'enceinte, le fourreau de la paroi interne est utilisé comme gaine. Les gaines sont soudées directement sur le fourreau de part et d'autre de la paroi interne (voir [FIG-3.5.2.7](#)). Un soufflet d'expansion métallique, soudé entre la gaine et le fourreau de l'enceinte externe, dont le rôle est de permettre les déplacements différentiels entre la paroi interne et la paroi externe. A cet effet une engravure est pratiquée sur l'intrados de la paroi de l'enceinte externe afin de réaliser la soudure. Cette engravure est de forme tronconique et comporte des aciers déplaçables pour assurer un bon rebouchage de la réservation, afin de reconstituer l'enrobage des aciers de l'enceinte externe. Le rebouchage n'est pas réalisé sur toute la profondeur de l'engravure afin de permettre le contrôle de la soudure durant toute la vie de la tranche.

5.2.6. Traversées de réserve

Les traversées de réserve sont constituées de la manière suivante :

- un fourreau cylindrique en acier ferritique traversant la paroi de l'enceinte interne, obstrué par un fond plein soudé ; une surlongueur de [] cm est prévue de part et d'autre de l'enceinte interne,
- une trémie dans l'enceinte externe, bouchée provisoirement par un matériau de type béton cellulaire.

En cas de traversée réservée à un usage périodique (décennal par exemple), le fond plein n'est pas soudé mais boulonné.

Au niveau de l'enceinte interne, l'étanchéité de la traversée est assurée par soudage du fourreau sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé, d'une part en périphérie du fourreau, et d'autre part sur la peau métallique. Le gousset est en [] afin d'assurer l'homogénéité avec le matériau de la peau métallique.

5.3. BASES DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement des traversées fluide répond aux mêmes exigences que celles du dimensionnement de l'enceinte, pour les parois interne et externe (voir sections 3.5.1 ENCEINTE INTERNE AVEC PEAU METALLIQUE et 3.5.4 AUTRES OUVRAGES CLASSES SISMIQUES CATEGORIE I et le [§ 7](#). ci-dessous). Le dimensionnement des fourreaux des traversées fait l'objet de notes de calcul spécifiques.

6. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES

Il convient de souligner qu'il n'y a pas de correspondance directe entre les traversées électriques des parois interne et externe de l'enceinte, car les câbles peuvent cheminer dans l'espace-entre-enceintes.

6.1. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES DE L'ENCEINTE INTERNE

6.1.1. DISPOSITION GÉNÉRALE

Les traversées électriques de l'enceinte interne sont constituées par un caisson pressurisé fixé par soudage sur un fourreau métallique ancré dans le béton.

Des conducteurs électriques passent au travers du caisson au moyen de composants qui assurent l'étanchéité et/ou l'isolation électrique, et permettent la transmission de puissance ou de signaux électriques.

Les fourreaux des traversées électriques de l'enceinte interne sont de diamètre extérieur [] mm ou [] mm.

6.1.2. DISPOSITIONS RELATIVES À L'ÉTANCHÉITÉ

Au niveau de l'enceinte interne, l'étanchéité de la traversée est assurée par soudage du fourreau sur la peau métallique de l'enceinte. La liaison se fait par l'intermédiaire d'un gousset d'épaisseur variable soudé d'une part en périphérie du fourreau, et d'autre part sur la peau métallique.

Pour ancrer la traversée dans la paroi, le fourreau est éventuellement équipé de collerettes soudées sur sa périphérie et noyées dans le béton. Si les collerettes ne s'avèrent pas nécessaire pour réaliser l'ancrage, le fourreau est tout de même équipé d'une collerette d'étanchéité conformément à [Réf \[1\]](#). Les caissons sont munis d'un dispositif permettant de disposer en continu d'une information sur l'état des fuites au travers des traversées électriques de l'enceinte interne.

Les composants assurant le passage des conducteurs électriques au travers des caissons sont conçus pour que le contrôle de l'état de leur fuite soit effectué avec le même dispositif que celui prévu pour les caissons.

6.2. TRAVERSÉES ÉLECTRIQUES DE L'ENCEINTE EXTERNE

Les traversées électriques réalisées dans l'enceinte externe permettent de conserver la continuité électrique des câbles tout en assurant une étanchéité à l'air dans les conditions de dépression voire de surpression de l'espace-entre-enceintes.

En fonction de la solution technique retenue, un fourreau métallique sur lequel les éléments de la traversée sont fixés doit être installé (cas des systèmes presse-étoupes multi-câbles de type MCT par exemple).

7. RÈGLES DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION

La conception des fourreaux est couverte par [Réf \[1\]](#), dans les paragraphes 1.5 et 2.7. Les cas de charges retenus pour leur dimensionnement et les critères de conception associés sont définis dans les paragraphes 1.3 et 1.5 de [Réf \[1\]](#).

Le périmètre d'application exact de [Réf \[1\]](#) sur les fourreaux de l'enceinte est le suivant :

- le tampon matériel, dans son ensemble : viroles, brides et fond plein,
- l'accès de chantier,
- les fourreaux des traversées mécaniques et électriques (les traversées elles-mêmes et la soudure aux fourreaux sont couvertes par le RCC-M),
- les fourreaux des sas personnel (au-delà, application du RCC-M),
- les fourreaux du tube de transfert (au-delà, application du RCC-M).

La conception des fourreaux prend en compte l'ensemble des chargements et déformations imposés, dans toutes les situations de dimensionnement de l'enceinte et des circuits traversants, sans perte d'intégrité structurelle ou d'étanchéité.

Les tolérances de positionnement des fourreaux dans l'enceinte interne (RST 2.01) et dans l'enceinte externe (RST 9.02) sont également à considérer afin de définir les diamètres adéquats des fourreaux.

Le conception et la réalisation des traversées est conforme au RCC-M. La figure [FIG-3.5.2.1](#) montre pour exemple les bases de dimensionnement d'un fourreau avec flasque intermédiaire concernant les traversées fluide haute énergie, de ligne vapeur ou d'eau alimentaire.

Selon la section 3.4.7 INCENDIE et l'ETC-F, l'enceinte interne et l'enceinte externe forment une limite de zones de feu : entre l'espace-entre-enceintes et l'espace annulaire pour l'enceinte interne, et entre l'espace-entre-enceintes et l'extérieur du bâtiment réacteur pour l'enceinte externe.

8. LISTE DES TRAVERSÉES

Les traversées de l'enceinte du bâtiment réacteur sont listées avec leur type et leur système d'appartenance dans le tableau [TAB-3.5.2.1](#) (voir après la liste de références), à l'exception des traversées et des accès à l'espace-entre-enceintes traversant uniquement la paroi externe.

Les attributs indiqués pour chaque traversée sont les suivants :

Numéro de la traversée

Il s'agit d'une numérotation de la forme xxx constituée aux seules fins de cette liste.

Système :

nom du système (défini selon le double codage ECS) auquel la tuyauterie passant dans la traversée désignée appartient. En revanche toutes les traversées enceinte appartiennent au système EPP.

Fonction

courte description du rôle fonctionnel de la traversée.

Fluide

W (Water) : de l'eau circule dans la tuyauterie.

G (Gas) : un effluent gazeux autre que l'air circule dans la tuyauterie.

S (Steam) : de la vapeur d'eau circule dans la tuyauterie.

A (Air) : de l'air circule dans la tuyauterie.

Diamètre nominal de la tuyauterie passant dans la traversée désignée.

Genre :

C (Enceinte) : la traversée passe dans les deux parois de l'enceinte.

I (Intérieure) : la traversée passe uniquement dans la paroi interne de l'enceinte.

Vers bâtiment relié par la traversée au bâtiment réacteur :

HK : bâtiment combustible

HLF/G/H/I : bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde

EEE : espace-entre-enceintes

Type de traversée

Traversée mécanique :

- accès des matériels Symbole = TAM
- sas personnel de secours et de chantier Symbole = ACCES
- tube de transfert Symbole = TUBE
- traversée de tuyauterie fluide à haute énergie (pression de service fluide ≥ 20 bar ou température de service fluide ≥ 100 °C) Symbole = H.E.
- traversée de ligne vapeur ou d'eau alimentaire Symbole = V&EA

- traversée de tuyauterie fluide standard (pression < 20 bar et température < 100 °C)
Symbole = S
- traversée de ventilation
Symbole = HVAC
- traversée de réserve
Symbole = R

Traversée électrique : symbole ELEC

Le type d'alimentation (moyenne tension (medium voltage), basse tension (low voltage) ou contrôle commande (I&C)) est précisé dans le descriptif de la fonction de la traversée.

Position de la traversée

Ext.diam. : diamètre extérieur du fourreau de la traversée (en mm)

Altit. : altimétrie sur l'enceinte où se situe la traversée (en m)

Angle : position angulaire de la traversée sur l'enceinte (en degré)

9. ANALYSE DE SÛRETÉ

9.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ

Les études réalisées montrent que le comportement des traversées de l'enceinte du bâtiment réacteur est satisfaisant pour toutes les charges élémentaires et combinaisons de charges mentionnées dans [Réf \[1\]](#). La conception des fourreaux métalliques à l'interface entre les traversées, le béton de l'enceinte et la peau métallique de l'enceinte interne, est conforme à la réglementation en vigueur.

9.2. TEL QUE RÉALISÉ

Les fourreaux et les traversées montés sur le site de Flamanville 3 ont été réalisés conformément à leur conception. Les non-conformités constatées sur le chantier et les adaptations ont été soit justifiées, soit corrigées.

A ce stade de la réalisation, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

LISTE DE REFERENCES

[1] ENSGGC050076 D — ETC-C (complété par [2])

[2] ENSGGC100349 D — Prescriptions complémentaires à l'ETC-C

[3] ECEIG021405 J — Note d'hypothèses générales de dimensionnement du génie civil de l'îlot nucléaire

[4] SFLEYRC0030018 E — Note d'hypothèses de l'enceinte interne munie d'une peau métallique du bâtiment réacteur

[5] 1181528B03NT003 D — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note d'hypothèses de dimensionnement de l'enceinte interne

[6] 1181528B03NT005 C — Bâtiment réacteur - Études détaillées - Note de modélisation de l'enceinte interne

[7] 892CD01001 C — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - établissement et description des hypothèses de dimensionnement

[8] 892CD01002 B — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - note générale de présentation des modélisations

[9] 892CD01003 B — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - étude détaillée de la peau métallique d'étanchéité de l'enceinte interne - note de modélisation des cas de charge et des conditions aux limites

[10] 892CD01012 B — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - Etude de la peau métallique (sans défaut) en situations de fonctionnement - Note de calcul d'une zone du liner autour de traversées de diamètres \varnothing mm dans la partie cylindrique du fût

[11] 892CD01026 C — Projet EPR Flamanville - marché YR1223 - Etude de la peau métallique - Note d'hypothèses de calcul des fourreaux des traversées de diamètre \varnothing mm

[12] SFLEYRC0030037 K — List of penetrations trough inner and outer containment walls

[13] SFLEYRC2006FR0067 E — marché 1223 - Loads for penetrations through inner containment

TAB-3.5.2.1 LISTE DES TRAVERSÉES (TABLEAU 1 ENCEINTE INTERNE)

□

FIG-3.5.2.1 REPRESENTATION D'UNE TRAVERSEE FLUIDE HAUTE ENERGIE, DE LIGNE VAPEUR OU D'EAU ALIMENTAIRE AVEC FLASQUE

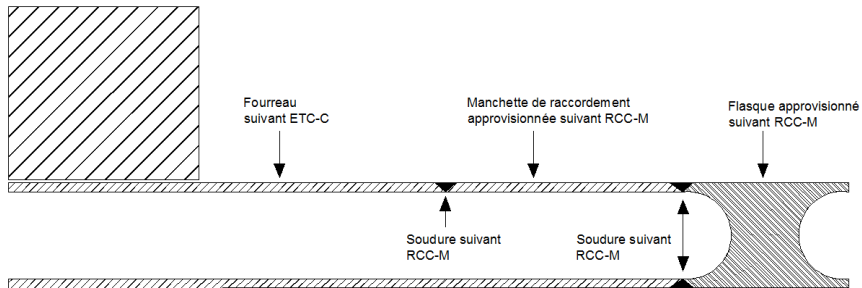


FIG-3.5.2.2 TRAVERSÉE DU TUBE DE TRANSFERT

□

FIG-3.5.2.3 TRAVERSÉE FLUIDE STANDARD

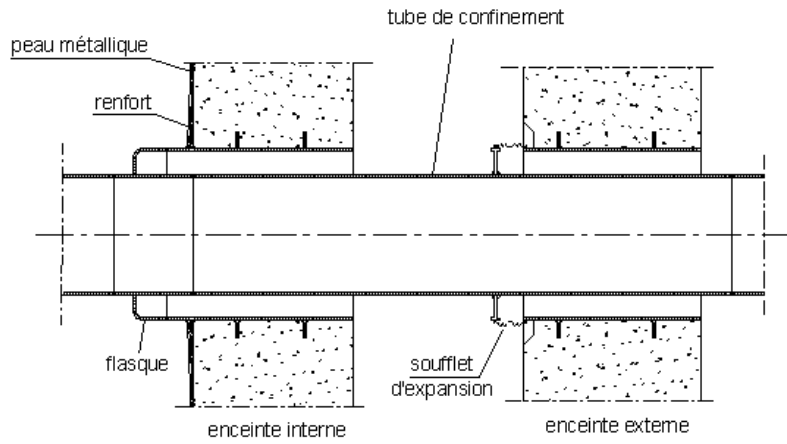
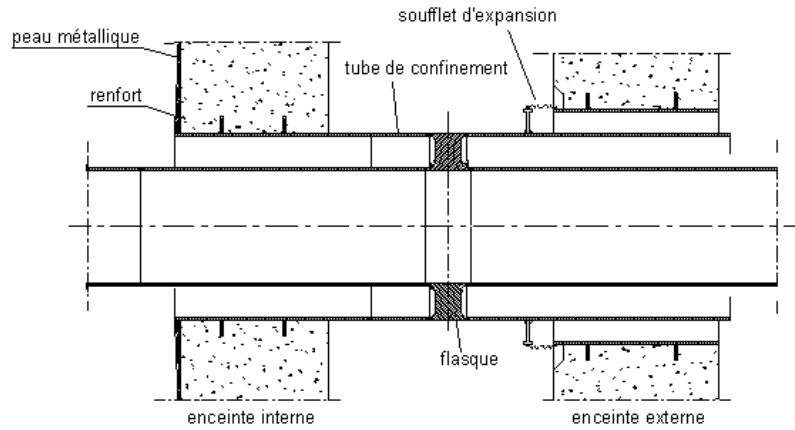
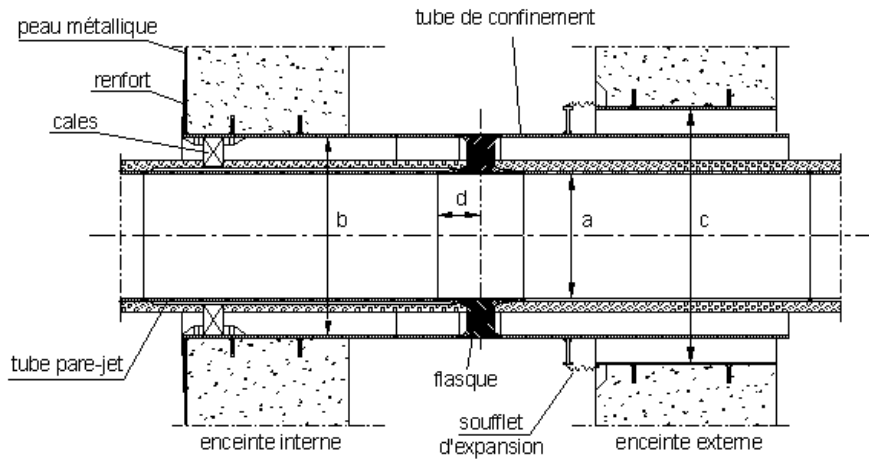


FIG-3.5.2.4 TRAVERSÉE FLUIDE HAUTE ÉNERGIE (H.E.)



N.B. : les ondes de décompression des soufflets de dilatation sont soudées soit sur le flasque, soit sur la manchette de raccordement.

FIG-3.5.2.5 TRAVERSÉE DE LIGNE VAPEUR OU D'EAU ALIMENTAIRE



N.B. : les ondes de décompression des soufflets de dilatation sont soudées soit sur le flasque, soit sur la manchette de raccordement.

□

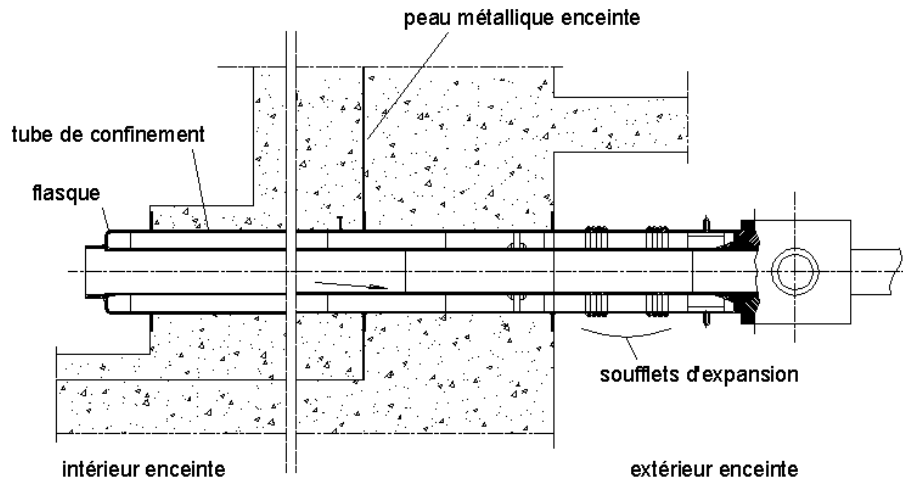
FIG-3.5.2.6 TRAVERSÉES D'ASPIRATION AUX PUISARDS RIS ET EVU

FIG-3.5.2.7 TRAVERSÉE DE VENTILATION (EBA)

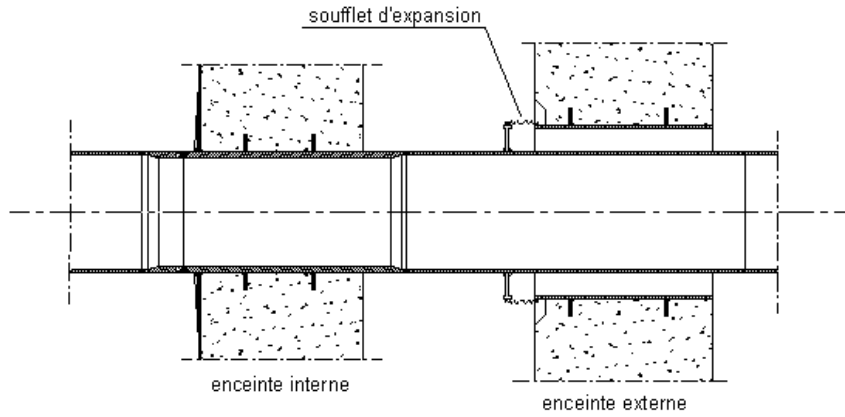


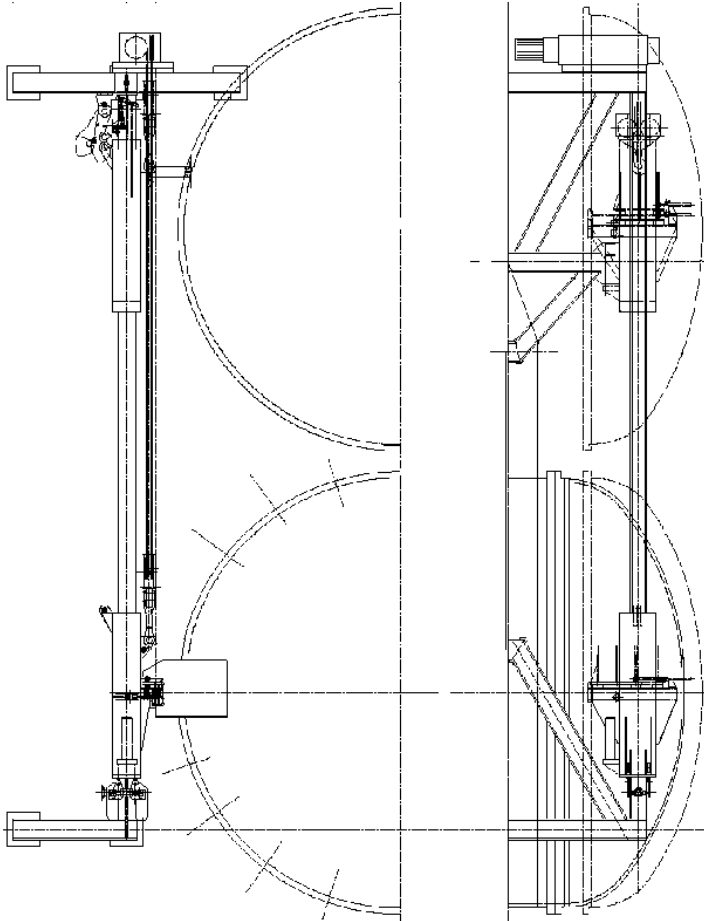
FIG-3.5.2.8 ACCÈS DES MATÉRIELS (1/2 VUE DE FACE, 1/2 VUE DE CÔTÉ)

FIG-3.5.2.9 SAS PERSONNEL

□

SOMMAIRE

.3.5.3 STRUCTURES INTERNES EN BÉTON ET EN ACIER	2
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
1. DESCRIPTION DES STRUCTURES INTERNES DU BÂTIMENT	
 RÉACTEUR	2
 1.1. PROTECTION PRIMAIRE (PUITS DE CUVE) ET SYSTÈME DE	
 SUPPORT DE LA CUVE	3
 1.2. PROTECTION SECONDAIRE ET DISPOSITION DES COMPOSANTS	
 PRINCIPAUX	3
 1.3. PISCINES DU RÉACTEUR	4
 1.4. AUTRES STRUCTURES ET ÉQUIPEMENTS	4
2. BASE DE CONCEPTION	4
 2.1. RÈGLES DE CONCEPTION	4
 2.2. CHARGES ET COMBINAISONS DE CHARGES	4
3. DIMENSIONNEMENT	5
 3.1. SOLLICITATIONS	5
 3.1.1. ACTIONS ÉLÉMENTAIRES	5
 3.1.2. COMBINAISONS D’ACTIONS	5
 3.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX	5
 3.2.1. BÉTON	5
 3.2.2. ARMATURES POUR LE BÉTON ARMÉ	6
 3.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	6
 3.3.1. MODÉLISATION	6
 3.3.2. CALCUL DU FERRAILLAGE	6
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	6
 4.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ	6
 4.2. TEL QUE RÉALISÉ	6
LISTE DES RÉFÉRENCES.	7

.3.5.3 STRUCTURES INTERNES EN BÉTON ET EN ACIER

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Les exigences de sûreté relatives aux structures internes sont rappelées à la section 3.5.0.

1. DESCRIPTION DES STRUCTURES INTERNES DU BÂTIMENT RÉACTEUR

L'agencement général des voiles des structures internes est défini par les plans de disposition générale de l'îlot nucléaire (voir sous-chapitre 1.2).

Les structures internes du bâtiment réacteur garantissent :

- le supportage des composants du circuit primaire et autres équipements (voir paragraphe 2.3.1.3 de la section 1.2.3.2),
- la protection biologique du personnel et de certains équipements selon un "concept à deux zones" (voir paragraphe 2.3.2.1 de la section 1.2.3.2),
- la protection de l'enceinte, du circuit primaire, du circuit secondaire et des systèmes F1 contre les foudrolements de tuyauterie, les missiles et autres agressions internes (voir section 3.1.1).

Le "concept à deux zones" met en place deux ensembles de locaux : un compartiment équipement et un espace de service, afin de limiter les risques potentiels de contamination et d'irradiation dans ce dernier. Le sous-chapitre 12.3 détaille ce concept et les mesures de protection associées.

Les structures internes comportent 9 niveaux ou niveaux intermédiaires :

- 0 m
- 1 m
- 2 m
- 3 m
- 4 m
- 5 m
- 6 m
- 7 m
- 8 m
- 9 m

Réalisées en béton armé, les structures internes comportent les éléments suivants :

- un « radier des structures internes » :
 - béton d'épaisseur variable de 0 m à 0 m,
 - simplement posé (non liaisonné) sur le radier commun au niveau 0 m de l'îlot nucléaire (voir section 3.5.5),
 - séparé du radier et du gousset par le liner métallique de l'enceinte interne,
- deux structures ayant approximativement la forme de cylindres à axe vertical constituant, au centre du bâtiment réacteur, le "puits de cuve" (supportage de la cuve du réacteur) et en périphérie "la jupe des structures internes", encore appelée la "paroi de la protection secondaire",
- trois planchers principaux en béton :

0

- des planchers auxiliaires desservis par escaliers et ascenseur,
- les voiles et planchers assurant le supportage et la protection de la cuve du réacteur et de ses boucles primaires,
- les piscines du réacteur et la piscine IRWST (voir section 9.1.6),
- la zone d'étalement du corium située sous le puits de cuve (voir section 6.2.6).

1.1. PROTECTION PRIMAIRE (PUITS DE CUVE) ET SYSTÈME DE SUPPORT DE LA CUVE

Le puits de cuve supporte la cuve du réacteur grâce à l'interface réalisée par l'anneau support de cuve, et fait office d'écran biologique. En zone courante, c'est un cylindre dont l'axe coïncide avec l'axe du bâtiment réacteur, d'une épaisseur maximale de \square m \square .

A sa base, le puits de cuve est connecté à la zone d'étalement du corium par un canal de décharge. Les deux zones sont en temps normal séparées \square (voir section 6.2.6).

Le puits de cuve isole les organes adjacents (boucles primaires, échangeurs de chaleur, etc.) des radiations excessives lors du fonctionnement du réacteur et il participe à la protection biologique pour le personnel dans le bâtiment réacteur.

En fonctionnement normal, le puits de cuve est refroidi au moyen d'une ventilation mécanique (système élémentaire EVR) afin de limiter l'élévation de température du béton. L'augmentation de la température de la protection primaire est due aux fuites de chaleur à travers la cuve du réacteur et aux radiations du cœur. De l'air frais est soufflé depuis le fond et il est évacué via les ouvertures de la paroi du puits de cuve autour des lignes du circuit primaire.

1.2. PROTECTION SECONDAIRE ET DISPOSITION DES COMPOSANTS PRINCIPAUX

La protection secondaire est composée des voiles et planchers qui, avec les voiles du puits de cuve, forment des compartiments enveloppant les principaux équipements. La paroi béton des piscines du réacteur fait également partie de la protection secondaire.

La protection secondaire est conçue pour :

- supporter la pression différentielle résultant d'une rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE) ou d'un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP),
- résister aux forces locales transmises par les supports de tuyauteries et d'équipements dans les conditions normales d'exploitation et en cas d'accidents.

La protection secondaire offre une protection biologique additionnelle lors du fonctionnement du réacteur, permettant au personnel d'accéder dans l'espace annulaire entre la paroi interne de l'enceinte et la protection secondaire (voir paragraphe 2.3.2.1 de la section 1.2.3.2) conformément au "concept à deux zones".

En situation d'arrêt, les voiles de la protection secondaire fournissent une protection biologique vis-à-vis des divers compartiments d'équipement.

Les corps des générateurs de vapeur s'élèvent au-delà du niveau du plancher de service, jusqu'à \square m ; le "concept à deux zones" implique alors :

- que les générateurs de vapeur soient emprisonnés dans des structures en béton dites "casemates",
- que ces casemates soient fermées au moyen de membranes et de volets (feuilletts). Leur rupture ou ouverture surviendrait en cas d'augmentation de pression due à un accident thermodynamique.

Le compartiment du pressuriseur est fermé par trois dalles en béton, amovibles, au niveau \square m.

□

La zone du circuit primaire s'étend horizontalement depuis le puits de cuve vers la jupe des structures internes et verticalement du plancher lourd jusqu'en haut des casemates des générateurs de vapeur. Cette zone est séparée en deux par les piscines du réacteur, et les quatre boucles primaires sont symétriques, deux par deux de part et d'autre des piscines.

Chaque boucle est entièrement compartimentée du niveau □ m à □ m. Au-delà et jusqu'au plancher de service, la tuyauterie n'est isolée des boucles des générateurs de vapeur que partiellement par des voiles radiaux.

Les équipements divers situés en dessous du plancher lourd sont partiellement compartimentés par des poutres-voiles.

Les pompes primaires et les générateurs de vapeur reposent sur le plancher lourd par l'intermédiaire de pieds métalliques verticaux. Les générateurs de vapeur sont maintenus latéralement au niveau de leur plaque tubulaire et au niveau du plancher de service. Les pompes primaires sont également fixées aux niveaux □ m et □ m. Une description détaillée des supports des composants primaires est fournie section 5.4.9.

La zone du pressuriseur est située à une extrémité des piscines du réacteur (□) et elle s'étend □ du niveau □ m jusqu'au niveau □ m. □.

1.3. PISCINES DU RÉACTEUR

Les piscines du réacteur sont utilisées pour la manutention du combustible, pour le transfert des assemblages entre le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible (par l'intermédiaire du tube transfert) et pour le stockage des composants internes de la cuve du réacteur (voir section 9.1.6).

Le fond des piscines se trouve au niveau □ m□.

1.4. AUTRES STRUCTURES ET ÉQUIPEMENTS

□

2. BASE DE CONCEPTION

2.1. RÈGLES DE CONCEPTION

Les règles de conception utilisées pour les structures internes du bâtiment réacteur sont définies dans l'ETC-C. Les notes de dimensionnement fondées sur ces règles de conception sont listées à la section "Liste de références".

2.2. CHARGES ET COMBINAISONS DE CHARGES

Les charges et les combinaisons de charges définies dans l'ETC-C et rappelées dans la section 3.5.0 sont utilisées pour le dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur.

Une revue a été menée dans la note en [Réf \[8\]](#). Les principaux éléments de l'analyse sont reportés dans le [§ 3.](#)

D'autre part, l'analyse de l'influence des surpressions en cas de rupture de tuyauterie sur le dimensionnement des casemates génie civil du bâtiment réacteur, et les conclusions induites par l'analyse sont synthétisées dans la note [Réf \[9\]](#).

3. DIMENSIONNEMENT

3.1. SOLLICITATIONS

3.1.1. Actions élémentaires

Les actions élémentaires à prendre en compte sont spécifiées dans les documents suivants :

- ETC-C [Réf \[13\]](#),
- note d'hypothèses générale [Réf \[1\]](#),
- note d'hypothèses spécifique au bâtiment réacteur [Réf \[2\]](#),
- prescriptions complémentaires pour la conception du génie civil par rapport à l'ETC-C [Réf \[10\]](#)

Les actions élémentaires prises en compte pour le dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur sont listées dans cette section et détaillées dans la note d'hypothèses et de méthodologie [Réf \[3\]](#).

Les chargements élémentaires permanents sont les suivants :

□

Les chargements variables pris en compte sont les suivants :

□

Les actions accidentelles prises en compte sont les suivantes :

□

3.1.2. Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions considérées pour le dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur sont les suivantes :

□

Ces combinaisons sont décrites précisément dans le tableau 1.3.5.1. de l'ETC-C « General load combination matrix », et les nombres entre parenthèses dans la liste précédente renvoient à ce tableau.

3.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX

3.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le chapitre 4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#) et le chapitre 1.4.3.1 de l'ETC-C, le béton utilisé pour la réalisation des structures internes du bâtiment réacteur a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton considérées dans le dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur sont les suivantes :

□

3.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton armé sont des aciers [] de résistance caractéristique [], classe [] et qui ont les caractéristiques suivantes :

[]

3.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL

3.3.1. Modélisation

En sus du modèle global des bâtiments reposant sur le radier commun (voir section 3.5.5), un modèle spécifique pour les structures internes a été construit à l'aide du logiciel [] sur la base des plans P10 présentant la disposition générale des voiles et planchers. []

Dans le modèle aux éléments finis réalisés, les voiles et planchers sont modélisés [] et les poutres et poteaux sont modélisés [].

Le calcul de dimensionnement de ces structures a été traité indépendamment des autres ouvrages dans la mesure où elles sont supposées simplement posées sur le radier commun. Un calcul de non décollement du radier des structures internes sous séisme est présenté dans les notes en [Réf \[6\]](#) et [Réf \[7\]](#).

Le calcul des efforts résultant des cas de charges et de leurs combinaisons sont menés sur le modèle EF décrit dans la note [Réf \[4\]](#) . Les accélérations utilisées pour calculer les efforts résultant du cas de charge sismique sont récupérées des calculs réalisés sur le modèle d'ensemble de l'îlot nucléaire et introduites dans le modèle des structures internes. Une analyse pseudo-statique est menée sur la base de ces données.

3.3.2. Calcul du ferrailage

Le ferrailage est calculé directement à partir des sollicitations obtenues par combinaison des réponses aux différents cas de charges élémentaires issus des calculs dynamiques et statiques. Les résultats des cas de charges élémentaires en termes de déformées et de champs de déplacement sont présentés dans la note [Réf \[5\]](#) .

Les résultats des calculs de ferrailage sont présentés dans les différentes notes de calcul de détails.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ

Les études réalisées montrent que le comportement des structures internes du bâtiment réacteur est satisfaisant pour toutes les charges élémentaires et combinaisons de charges mentionnées dans l'ETC-C. La conception des structures internes est conforme à la réglementation en vigueur.

4.2. TEL QUE RÉALISÉ

Les structures construites sur le site de FA3 ont été réalisées conformément à leur conception.

A ce stade de la réalisation, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Référence : ECEIG021405 J

Titre : EPR - Note d'hypothèses générales de dimensionnement du génie civil des bâtiments de l'îlot nucléaire.

[2] Référence : SFL-EYRC-0030022 B

Titre : Note d'hypothèses des structures internes du bâtiment réacteur.

[3] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0001 G

Titre : Bâtiment Réacteur - Structures Internes - Note d'hypothèses et de méthodologie.

[4] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0002 C

Titre : Bâtiment Réacteur - Structures Internes - Note de modélisation.

[5] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0003 F

Titre : Bâtiment Réacteur - Structures Internes - Note de calcul du modèle global - Description des cas de charges - Résultats.

[6] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0023 C

Titre : Structures internes du bâtiment réacteur - Calcul du décollement du radier.

[7] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0038 B

Titre : Bâtiment Réacteur - Structures internes - Vérification de l'ancrage des structures internes en séisme.

[8] Référence : ECEIG110401 C

Titre : YR1221 - Revue des combinaisons et des cas de charges utilisés dans le dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur.

[9] Référence : ECEIG130815 C

Titre : EPR FA3 - Analyse du dimensionnement initial des casemates génie civil HR et HL, au regard de l'actualisation des valeurs de surpression RTHE.

[10] Référence : ENSGGC100349 D

Titre : Prescriptions complémentaires pour la conception du génie civil de FA3 par rapport à l'ETC-C référencé ENSGGC050076 à l'indice B.

[11] Référence : ECEIG131520 B

Titre : EPR - Analyse de sûreté du risque de missile interne dans l'îlot nucléaire de l'EPR FA3

[12] Référence : NEEA-G/2009/EN/1030 E

Titre : Consideration regarding Missile Generation from Control Rod Drive Mechanism - CRDM.

[13] Référence : ENSGGC050076 D

Titre : ETC-C (EPR Technical Code for Civil works).

[14] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0037 B











Titre : Bâtiment Réacteur - Structures internes - Note de méthodologie - Impact du fond de cuve sur plots sacrificiels.

[15] Référence : 11787-YR1221-NT28B01-0042 D

Titre : Bâtiment Réacteur - Structures internes - Dimensionnement des plots de béton sacrificiel vis-à-vis de la chute de la cuve - Note de modélisation.

SOMMAIRE

.3.5.4 AUTRES OUVRAGES CLASSÉS SISMIQUES CATÉGORIE I	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
2. DESCRIPTION DES OUVRAGES	3
2.1. GÉNÉRALITÉS	3
2.2. ENCEINTE EXTERNE ET COQUE DE PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION	4
2.2.1. ENCEINTE EXTERNE DU BÂTIMENT RÉACTEUR	4
2.2.2. □	4
2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE	4
2.4. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	5
2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	6
2.6. BÂTIMENTS DIESELS	7
2.7. GALERIES	7
2.8. STATION DE POMPAGE	8
2.9. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	8
2.10. OUVRAGE DE REJET	9
3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ	9
3.1. □	9
3.1.1. □	9
3.1.2. □	9
3.2. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE	10
3.2.1. □	10
3.2.2. □	10
3.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE	10
3.3.1. □	10
3.3.2. □	10
3.4. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	10
3.4.1. □	10
3.4.2. □	11
3.5. BÂTIMENT DIESELS	11

3.5.1. 	11
3.5.2. 	11
3.6. GALERIES	11
3.6.1. 	11
3.6.2. 	11
3.7. STATION DE POMPAGE	12
3.7.1. 	12
3.7.2. 	12
3.8. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	12
3.8.1. 	12
3.8.2. 	12
3.9. OUVRAGE DE REJET	12
3.9.1. 	12
3.9.2. 	12
3.10. ANALYSE DE SÛRETÉ	13
3.10.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ	13
3.10.2. TEL QUE RÉALISÉ	13
LISTE DES RÉFÉRENCES.	14

.3.5.4 AUTRES OUVRAGES CLASSÉS SISMIQUES CATÉGORIE I

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Les exigences de sûreté applicables à l'ensemble des ouvrages classés C1 sont détaillées dans la section 3.5.0.

1. BASES DE CONCEPTION

Les bases de conception des ouvrages classés C1 sont présentées dans la section 3.5.0.

Les charges et combinaisons de charges considérées sont conformes à l'ETC-C et sont mentionnées dans la section 3.5.0.

Les combinaisons de chargements prescrites par l'ETC-C sont réparties en trois catégories de situation définies pour le dimensionnement des ouvrages : situations normales, exceptionnelles et accidentelles.

Ces situations prennent en compte l'ensemble des événements considérés dans la démarche de sûreté EPR (conditions de fonctionnement de référence, conditions de fonctionnement avec défaillances multiples, accidents avec fusion du cœur à basse pression, agressions internes et externes).

Les propriétés des matériaux sont conformes à l'ETC-C.

2. DESCRIPTION DES OUVRAGES

2.1. GÉNÉRALITÉS

Cette section s'intéresse à la conception des bâtiments classés C1 à l'exception de leurs fondations traitées dans la section 3.5.5, de l'enceinte interne et des structures internes du bâtiment réacteur qui font l'objet des sections 3.5.1 et 3.5.3 : enceinte externe, bâtiment combustible, bâtiments des auxiliaires de sauvegarde, bâtiment des auxiliaires nucléaire, bâtiments diesels, galeries, station de pompage, l'ouvrage de rejet et bâtiment de traitement des effluents.

Des joints séparent les bâtiments fondés sur le radier commun (bâtiment réacteur, bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, bâtiment combustible) et les ouvrages indépendants directement adjacents (bâtiment des auxiliaires nucléaires et tour d'accès). Pareillement, un joint sépare le bâtiment de traitement des effluents du bâtiment des auxiliaires nucléaires et un joint sépare les deux parties du bâtiment de traitement des effluents (zone entreposage et zone traitement).

Les voiles en contact avec la nappe phréatique sont revêtus d'une protection ou d'une étanchéité additionnelle adaptée selon la fonction de l'ouvrage.

Le nombre d'ouvertures sur l'extérieur est limité pour les ouvrages de l'îlot nucléaire.

Les toitures horizontales sont recouvertes d'un complexe d'étanchéité.

Les voiles et dalles des locaux des zones contrôlées sont recouverts d'un revêtement décontaminable selon les spécifications en vigueur.

Dans l'îlot nucléaire, seuls certains couloirs ont des formes de pente et des chapes rapportées, pour le reste des locaux il n'y a pas de forme de pente et les chapes sont incorporées.

Les portes et les structures en acier sont recouvertes d'une finition adaptée.

2.2. ENCEINTE EXTERNE ET COQUE DE PROTECTION CONTRE LA CHUTE D'AVION

2.2.1. Enceinte externe du bâtiment réacteur

L'enceinte externe a une forme géométrique globalement semblable à celle de l'enceinte interne (cf. section 3.5.1).

Elle est en béton armé et comprend de bas en haut :

- une partie cylindrique ou « jupe de l'enceinte externe », du niveau [] m au niveau [] m :
 - diamètre intérieur : [] m,
 - épaisseur courante : [] m ([]),
 - comportant des renforcements à différents niveaux, [],
- un dôme tori-sphérique.

L'enceinte externe comprend des traversées diverses : des trémies métalliques pour le passage des câbles électriques, des fourreaux métalliques pour les passages des tuyauteries et des accès (sas personnel, accès matériel).

2.2.2. []

[]

- []
- []

[]

2.3. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE

Généralités

Les bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde sont des structures en béton armé.

La structure comprend deux zones :

- bâtiment des auxiliaires de sauvegarde correspondant à la zone mécanique,
- bâtiment électrique correspondant à la zone électrique.

Les quatre divisions des bâtiments électriques et des auxiliaires de sauvegarde sont contiguës au bâtiment réacteur ; elles sont situées respectivement :

[]

Elles comprennent [] niveaux principaux (hors toiture). [] []

[]

De plus, les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde divisions 2 et 3 sont situés [].

Accessibilité

[]

Structures

Les structures en béton armé sont composées des éléments suivants :

- des murs d'une épaisseur de [] à [] cm,
- des dalles d'une épaisseur de [] à [] cm.

Les structures des divisions 2 et 3 sont désolidarisées [] (et donc notamment de l'enceinte externe du bâtiment réacteur) au-dessus du niveau []. Les structures des divisions 1 et 4 sont quant à elles solidaires de l'enceinte externe du bâtiment réacteur sur toute leur hauteur.

Compartiments des vannes vapeur principales et d'eau alimentaire

Les compartiments des vannes vapeur principales et d'eau alimentaire [] divisions 1 et 4 des bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (niveaux [] m à [] m) . Ils sont contigus au bâtiment réacteur.

Les compartiments contiennent les organes d'isolement et soupapes de sécurité des conduits de vapeur et d'eau alimentaire.

2.4. BÂTIMENT COMBUSTIBLE**Généralités**

Le bâtiment combustible est contigu au bâtiment réacteur ; il est situé [].

Le bâtiment est une structure en béton armé.

Il contient [].

Il est conçu pour les opérations de manutention et de stockage des éléments combustibles neufs ou irradiés en atmosphère confinée. Il a pour fonctions d'abriter les équipements nécessaires à ces opérations et d'en permettre l'exploitation (circulation, manutention, ventilation...).

Il comprend []

[]

Il supporte de plus en toiture la cheminée d'évacuation des effluents gazeux en provenance du bâtiment des auxiliaires nucléaires.

Accessibilité

[]

Structures

La structure du bâtiment est composée des éléments suivants :

- des murs d'une épaisseur de [] à [] cm,
- des dalles d'une épaisseur de [] à [] cm,

Les structures du bâtiment sont []. Elles sont désolidarisées de la [] (et donc notamment de l'enceinte externe du bâtiment réacteur) afin de garantir l'intégrité de la piscine de désactivation. La déconnexion est totale pour les voiles périphériques ([]) mais limitée à la partie au-dessus du niveau [] m (inclus) pour la liaison avec l'enceinte externe du bâtiment réacteur.

2.5. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES

Généralités

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires est contigu au bâtiment combustible et au bâtiment des auxiliaires de sauvegarde division 4.

Le bâtiment est une structure en béton armé.

Il a la forme d'un rectangle dont l'angle côté bâtiment réacteur est tronqué.

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires abrite les systèmes auxiliaires au circuit primaire ainsi que des zones de maintenance.

Il abrite les principaux systèmes suivants :

- le circuit de Traitement des Effluents Primaires (TEP),
- une partie du système PTR (traitement et réfrigération de l'eau des piscines),
- le circuit de Traitement des Effluents Gazeux (TEG),
- une partie du système de purge des générateurs de vapeur (APG),
- les systèmes de production et distribution d'eau glacée (DER) et de ventilation du BAN (DWN).

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires comprend [].

Accessibilité

[]

Structures

La structure en béton armé est composée des éléments suivants :

- des murs d'une épaisseur de [] à [] cm,

- des dalles d'une épaisseur de [] à [] cm.

2.6. BÂTIMENTS DIESELS

Généralités

L'installation et les structures des deux bâtiments sont quasiment identiques. Ils sont désignés respectivement bâtiments diesels divisions 1-2 et bâtiments diesels divisions 3-4.

Les deux bâtiments sont situés, l'un [] du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde : bâtiment diesel divisions 1-2, l'autre [] du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde : bâtiment diesel divisions 3-4.

Les deux bâtiments diesels contiennent chacun deux groupes électrogènes principaux redondants pour l'alimentation électrique d'urgence, un groupe électrogène de secours, les bâches à fuel des groupes électrogènes et divers équipements annexes.

L'installation principale est implantée de la manière suivante :

[]

Structures

La structure en béton armé est composée des éléments suivants :

- des murs d'une épaisseur de [] à [] cm,
- des dalles d'une épaisseur de [] à [] cm.

2.7. GALERIES

Généralités

Les galeries classées C1 sont les suivantes :

[]

Les galeries [] sont séparées par un voile béton mais sont incluses dans la même structure. Il n'y a pas de communication entre les deux galeries. Le principe est le même pour les galeries [] .

La protection des matériels abrités par les galeries SEC est assurée par séparation géographique des galeries [] .

Chaque galerie contient essentiellement les tuyauteries SEC d'amenée et de rejet. Les galeries [] contiennent aussi les tuyauteries SRU d'amenée et de rejet.

Les principales dimensions intérieures sont :

- largeur : [] m ([]),
- hauteur : [] m.

Le niveau fini de la galerie comporte une forme de pente d'au moins [] ‰ vers les puisards, de façon à permettre l'écoulement et la récupération des eaux. Un puisard est prévu à chaque point bas de galerie. La pente transversale est d'environ [] ‰ vers le caniveau longitudinal de la galerie.

Structures

Les galeries sont des structures béton armé.

La structure des galeries SEC est constituée :

- d'un radier d'épaisseur [] cm,
- des voiles d'épaisseur [] cm,
- un toit d'épaisseur [] cm.

2.8. STATION DE POMPAGE

Généralités

La station de pompage est une structure massive située en bordure du chenal d'alimentation.

Le bâtiment est enterré de [] m du côté de la salle des machines et de [] m du côté du chenal.

Le bâtiment contient quatre voies d'aspiration distinctes : deux voies centrales comportant chacune quatre pertuis (passages étroits) et deux voies latérales comportant chacune un seul pertuis. Les quatre trains SEC sont indépendants et séparés géographiquement.

Structures

Le bâtiment est une structure béton armé qui comprend entre autres :

- des murs extérieurs d'épaisseur environ [] m,
- une dalle principale d'épaisseur [] à [] cm.

2.9. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

Généralités

Le bâtiment de traitement des effluents est une structure en béton armé. Il est subdivisé en [] parties :

[]

La partie traitement des effluents (HQB) est accolée au BAN de la tranche 3. La partie entreposage des déchets (HQA) est accolée à l'Est de la partie traitement.

La partie entreposage sert au conditionnement des résines et des déchets faiblement actifs au stockage des fûts, coques béton et résines APG, ainsi qu'au contrôle avant évacuation des fûts et coques béton. Un stockage provisoire des coques béton bloquées est prévu juste après la cellule d'enfûtage dans l'attente de la réalisation du bouchon. Le stockage des coques béton ne côtoie pas de coques béton non conditionnées.

La partie de traitement des effluents sert au traitement et à l'enfûtage des déchets. Cette partie abrite les principaux systèmes suivants :

- Le circuit de traitement des effluents usés (TEU),
- Le circuit de traitement des déchets solides (TES).

Accessibilité

[]

Structures

La structure en béton armé est composée des éléments suivants :

- des murs d'une épaisseur de [] à [] cm,
- des dalles d'une épaisseur de [] à [] cm.

2.10. OUVRAGE DE REJET

Généralités

L'ouvrage de rejet est un ouvrage massif en béton armé de forme parallélépipédique, fortement contreventé. L'ouvrage est enterré d'environ [] m en face arrière (côté salle des machines), d'environ [] m en face avant (côté canal d'amenée). La face avant, alignée avec celle de la station de pompage, est en contact avec le canal d'amenée où le niveau d'eau varie en fonction des marées. Le voile latéral côté tranche 2 supporte les talus.

L'ouvrage de rejet peut être divisé en quatre zones principales :

- l'exutoire CRF/SEN,
- l'exutoire SEC/SRU,
- le bassin de rejet,
- la prise d'eau de la diversification.

[] l'exutoire SEC/SRU ainsi que les bâches incendie.

Les dimensions de l'ouvrage de rejet sont les suivantes :

- Longueur = [] m,
- Largeur = [] m,
- Hauteur hors sol = [] m [],
- Radier du bâtiment = [] m ([] m NGF).

L'ouvrage de rejet est fondé sur un radier général reposant sur le rocher à [] m NGF.

Structures

La structure en béton armé est composée des éléments suivants :

- des voiles d'une épaisseur de [] m,
- un radier d'une épaisseur de [] à [] m.

3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ

3.1. []

3.1.1. []

[]

3.1.2. []

3.1.2.1. []

[]

3.1.2.2. []

[]

3.1.2.3. []

[]

3.2. BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE**3.2.1. []**

[]

3.2.2. []**3.2.2.1. []**

[]

3.2.2.2. []

[]

3.2.2.3. []

[]

3.3. BÂTIMENT COMBUSTIBLE**3.3.1. []**

[]

3.3.2. []**3.3.2.1. []**

[]

3.3.2.2. []

[]

3.3.2.3. []

[]

3.4. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES**3.4.1. []**

[]

3.4.2. **3.4.2.1.** **3.4.2.2.** **3.4.2.3.** **3.5. BÂTIMENT DIESELS****3.5.1.** **3.5.2.** **3.5.2.1.** **3.5.2.2.** **3.5.2.3.** **3.6. GALERIES****3.6.1.** **3.6.2.** **3.6.2.1.** **3.6.2.2.** **3.6.2.3.**

3.7. STATION DE POMPAGE**3.7.1. []**

[]

3.7.2. []**3.7.2.1. []**

[]

3.7.2.2. []

[]

3.7.2.3. []

[]

3.8. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS**3.8.1. []**

[]

3.8.2. []**3.8.2.1. []**

[]

3.8.2.2. []

[]

3.8.2.3. []

[]

3.9. OUVRAGE DE REJET**3.9.1. []**

[]

3.9.2. []**3.9.2.1. []**

[]

3.9.2.2. []

[]

3.9.2.3. []

[]

3.10. ANALYSE DE SÛRETÉ**3.10.1. Tel que dimensionné**

Les études réalisées montrent que, pour les différents bâtiments, le comportement des structures sont satisfaisants pour toutes les charges et combinaisons de charges prises en compte. La stabilité globale des bâtiments est démontrée, le seuil des contraintes est respecté dans toutes les situations envisagées et le ferrailage est déterminé en conséquence.

3.10.2. Tel que réalisé

Les structures construites sur le site de Flamanville 3 ont été réalisées conformément à leur conception.

A ce stade de la réalisation, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1] ECEIG021405 Ind J Note d'hypothèses générales de dimensionnement du génie civil de l'îlot nucléaire
- [2] 10439NT28B010101 Ind F Ilot nucléaire – Modèle d'ensemble 3D – Note d'hypothèses et de méthodologie
- [3] EPRFA3YR122128B010102 Ind C Ilot nucléaire – modèle d'ensemble 3D – Description générale – nœuds – éléments – épaisseurs
- [4] 10439NT28B010103 Ind B Ilot nucléaire – modèle d'ensemble 3D – Détermination et localisation des masses – matériels et des charges d'exploitation
- [5] 10439NT28B010104 Ind D Ilot nucléaire – modèle d'ensemble 3D – Détermination des paramètres d'interaction sol-structure
- [6] 10439NT28B010105 Ind D Ilot nucléaire – modèle d'ensemble 3D – Analyse modale – Calcul des réponses spectrales
- [7] 10439NT28B010106 Ind C Ilot nucléaire – Modèle d'ensemble 3D – Édition des résultats des cas sismiques élémentaires – Déplacements – Accélérations – Réactions
- [8] 10439NT28B010107 Ind C Ilot nucléaire – Modèle d'ensemble 3D – Présentation des cas de charges statiques élémentaires – Réactions, efforts, déplacements
- [9] 11787YR1221NT28B010212 Ind C Bâtiment réacteur – Enceinte externe – Note de détails – Calcul de ferrailage de la partie d'épaisseur \square m et dôme
- [10] 10439NT28B010200 Ind D Ilot nucléaire – Modèle d'ensemble 3D – Ferrailage \square des voiles au-dessus du radier commun sous le niveau de la plate-forme sous combinaisons de chargements statiques et dynamiques
- [11] ENGSGC070079 EPR ferrailage lots 1a et 1b ENGSGC070140 EPR ferrailage lot 2
ENGSGC070204 Prescriptions zones singulières et caissons
ENGSGC070286 Ferrailage toitures et partie supérieure de l'enceinte
- [12] SFLEZC008002 Ind C Hypothesis note for the Safeguard Auxiliary Building divisions 2&3
- [13] SFLEZC008001 Ind C Hypothesis note for the Safeguard Auxiliary Building divisions 1&4
- [14] 10439NT28B010401 Ind D SAB Div 2 & 3 – Hypotheses note
- [15] 11787YR1221NT28B010501 Ind D Safeguard Auxiliary Building Divisions 1 and 4 – Note of Hypotheses and methodology
- [16] 10439NT28B010402 Ind C SAB Div 2 & 3 – 3D FE model
- [17] 11787YR1221NT28B010502 Ind B Safeguard Auxiliary Building Divisions 1 and 4 – Finite elements model note
- [18] 10439NT28B010403 Ind B SAB Div 2 & 3 – Mass description

[19] 11787YR1221NT28B010503 Ind C Safeguard Auxiliary Building – Divisions 1 and 4 – Load cases : description and results

[20] 10439NT28B010404 Ind C SAB Div 2 & 3 – Description of static load cases and combinations

[21] 10439NT28B010405 Ind B SAB Div 2 & 3 – Description of dynamic load cases from seism and combinations

[22] 10439NT28B010406 Ind C SAB Div 2 & 3 – Local FE model envelop reinforcement plots of fundamental and accidental situations

[23] ENGSDS060114 Ind A Recueil de spectres de plancher de dimensionnement : BAN du palier EPR

[24] 11788YR1222NT28B010001 Ind D Nuclear Auxiliary Building – Note of hypotheses and methodology

[25] 11788YR1222NT28B010002 Ind C Nuclear Auxiliary Building – Note of presentation of 3D model

[26] 11788YR1222NT28B010003 Ind B Nuclear Auxiliary Building – Note of presentation of 3D model load cases

[27] 11788YR1222NT28B010004 Ind B Nuclear Auxiliary Building – Note of presentation of 3D model load cases results

[28] 11788YR1222NT28B010005 Ind B Nuclear Auxiliary Building – Global steel reinforcement

[29] 11788YR1222NT28B010007 Ind B Nuclear Auxiliary Building – Global steel reinforcement changes taking account new assumptions issued from task force conclusions

[30] ENGSDS070037 Ind A Recueil de spectres de plancher de dimensionnement : Bâtiment diesel HD (HDA et HDB) du palier EPR

[31] SFLEYRC0030020 Ind G Note d'hypothèses de dimensionnement du génie civil des bâtiments diesels EPR FA3

[32] 10439NT28B01501 Ind F Bâtiment diesel – Note d'hypothèse et de méthodologie

[33] 10439NT28B01502 Ind C Bâtiment diesel – Modèle 3D détaillé – Description générale – Nœuds – Éléments

[34] 10439NT28B010503 Ind C Bâtiment diesel – Modèle 3D détaillé – Détermination et localisation des masses des matériels et des charges d'exploitation

[35] 10439NT28B01504 Ind C Bâtiment diesel – Description des cas de chargements statiques et des combinaisons

[36] 10439NT28B01505 Ind B Bâtiment diesel – Description des cas de chargements sismiques et des combinaisons

[37] 10439NT28B01506 Ind C Bâtiment diesel – Cartes de ferrailage – Enveloppe des situations fondamentales et accidentelles

[38] 10439NT28B010510 Ind B Bâtiment diesel – Calcul transitoire non linéaire – Présentation du calcul

[39] 10439NT28B010511 Ind C Bâtiment diesel – Calcul transitoire non linéaire – Exploitation des résultats

[40] ETDOIG 04 0015 Ind C Hypothèses et méthodes de calcul applicables au génie civil des ouvrages enterrés

[41] PFV03N000101 1150 TIGB Ind G Note d'hypothèses générales

[42] PFV03N000103 1150 TIGB Ind F Note d'hypothèses particulières – Galeries et ouvrages de raccordement

[43] PFV03N000107 1150 TIGC Ind D Inondation interne

[44] PFV03N000105 1150 TIGB Ind J Synthèse des charges d'exploitation sur remblais - Galeries et ouvrage de raccordement

[45] ETDOIG 05 0003 Ind C Hypothèses et méthodes de calcul applicables au génie civil de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet de la centrale nucléaire de type EPR, FLAMANVILLE 3

[46] PFV 11H00 1401 1261 TIGB Ind C Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note d'hypothèses et méthodologie

[47] PFV11H00 1402 1261 TIGC Ind B Station de pompage FLAMANVILLE 3 - Note de détermination des poussées sur les voiles et des modules de réaction

[48] PFV 11H00 1410 1261 TIGC Ind D Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note de stabilité générale

[49] PFV 11H00 1411 1261 TIGC Ind A Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note de modélisation


[50] SFLEYRC00030017 Ind F Note d'hypothèses de dimensionnement du génie-civil du bâtiment combustible de FA3

[51] 10439NT28B01301 Ind E Bâtiment combustible – Note d'hypothèse et de méthodologie

[52] 10439NT28B010302 Ind C Bâtiment combustible – Modèle 3D détaillé – Description générale – Nœuds – Éléments

[53] 10439NT28B010303 Ind B Bâtiment combustible - Modèle 3D détaillé – Description des masses sismiques

[54] 10439NT28B01304 Ind B Bâtiment combustible – Description des cas de chargements statiques et des combinaisons

- [55]** 10439NT28B01305 Ind B Bâtiment combustible – Description des cas de chargements sismiques et des combinaisons
- [56]** 10439NT28B01306 Ind C Bâtiment combustible – Modèle 3D détaillé – Cartes de ferrailage enveloppe des situations fondamentales et accidentelles
- [57]** PFV 11H00 1451 1261 TIGB Ind D Note d’hypothèses de méthodologie
- [58]** PFV 11H00 1452 1261 TIGC Ind B Note de modélisation EF – Modèle 1
- [59]** PFV 11H00 1453 1261 TIGC Ind B Note de modélisation EF – Modèle 2
- [60]** PFV 11H00 1454 1261 TIGC Ind B Réponse dynamique et spectres de plancher – Modèle 1
- [61]** PFV 11H00 1455 1261 TIGC ind B Réponse dynamique et spectres de plancher – Modèle 2
- [62]** PFV 11H00 1456 1261 TIGC Ind B Note de recueil des spectres de plancher
- [63]** PFV 11H00 1457 1261 TIGC Ind A Note de recueil des cartes d’iso accélération
- [64]** ECEIG050762 Ind E Note d’hypothèses de dimensionnement du génie civil du BTE de Flamanville 3
- [65]** 00322626HQSTNDC001 Ind C Note d’hypothèses HQ
- [66]** 00322626HQASTNDC0003 Ind A Note de modélisation HQA
- [67]** 00322626HQBSTNDC0050 Ind C Note de modélisation HQB
- [68]** 00322626HQBSTNDC0048 Ind B Note de calcul HQB – Etude de l’interaction sol-structure
- [69]** 00322626HQASTNDC0049 Ind B Note de calcul HQA – Etude de l’interaction sol-structure
- [70]** 00322626HQBSTNDC0225 Ind G Note de calculs – Vérification des calculs de ferrailage en phase d’exploitation et de maintenance sur le bâtiment HQB
- [71]** 00322626HQASTNDC0226 Ind C Note de calculs – Vérification des calculs de ferrailage en phase d’exploitation et de maintenance sur le bâtiment HQA
- [72]** 00322626HQSTNDC0236 Ind E Vérification du voile 
- [73]** PFV11K00 2401 1261 TIGB Ind E Note d’hypothèses et méthodologie
- [74]** PFV11K002410 1261 TIGC Ind C Note de stabilité générale
- [75]** PFV11K002411 1261 TIGC Ind B Note de modélisation
- [76]** 10439NT28B010118 Ind C Ilot nucléaire – Modèle d’ensemble 3D – Hypothèses de sol mou – Sol Flamanville – Calcul des déplacements entre ouvrages
- [77]** 10439NT28B010204 Ind B Ilot nucléaire – Modèle d’ensemble 3D – Calculs d’ensemble de l’îlot nucléaire sous cas de chargement d’explosion externe

SOMMAIRE

.3.5.5 FONDATIONS	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
2. DESCRIPTION DES FONDATIONS	3
2.1. RADIER COMMUN	3
2.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	3
2.3. BÂTIMENTS DIESELS	3
2.4. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	4
2.5. STATION DE POMPAGE	4
2.6. OUVRAGE DE REJET	4
3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ	4
3.1. RADIER COMMUN	4
3.1.1. SOLLICITATIONS	4
3.1.2. CARACTÉRISTIQUES DE MATÉRIAUX	5
3.1.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	6
3.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES	7
3.2.1. SOLLICITATIONS	7
3.2.2. CARACTÉRISTIQUES DE MATÉRIAUX	8
3.2.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	8
3.3. BÂTIMENTS DIESELS	8
3.3.1. SOLLICITATIONS	8
3.3.2. CARACTÉRISTIQUES DE MATÉRIAUX	9
3.3.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	10
3.4. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS	10
3.4.1. SOLLICITATIONS	10
3.4.2. CARACTÉRISTIQUES DE MATÉRIAUX	10
3.4.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	11
3.5. STATION DE POMPAGE	11
3.5.1. SOLLICITATIONS	11
3.5.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX	12
3.5.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	12



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 5.5

PAGE 2/17

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

3.6. OUVRAGE DE REJET	13
3.6.1. SOLLICITATIONS	13
3.6.2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX	13
3.6.3. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	13
3.7. ANALYSE DE SÛRETÉ	14
3.7.1. TEL QUE DIMENSIONNÉ	14
3.7.2. TEL QUE RÉALISÉ	14
LISTE DE RÉFÉRENCES	15

.3.5.5 FONDATIONS

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Les exigences de sûreté relatives aux fondations sont données dans la section 3.5.0.

1. BASES DE CONCEPTION

Les bases de conception des ouvrages classés C1 sont présentées dans la section 3.5.0.

Les charges et combinaisons de charges considérées, conformes à l'ETC-C sont mentionnées dans la section 3.5.0. Les combinaisons de charges sont réparties en trois catégories de situations définies pour le dimensionnement des ouvrages : situations normales, exceptionnelles et accidentelles.

Ces situations prennent en compte l'ensemble des événements considérés dans la démarche de sûreté EPR (conditions de fonctionnement de référence PCC1 à PCC4, conditions de fonctionnement avec défaillances multiples RRC-A, accident grave avec fusion du cœur à basse pression (accident grave), agressions internes et externes).

Les propriétés des matériaux sont conformes à l'ETC-C.

2. DESCRIPTION DES FONDATIONS

2.1. RADIER COMMUN

Le Bâtiment Réacteur (HR), le Bâtiment Combustible (HK) ainsi que les quatre divisions du Bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde et du Bâtiment Electrique (HL) de l'IN de l'EPR sont fondés sur un radier commun.

Ce radier a approximativement la forme d'une croix, d'une surface d'environ 6800 m², inscrite dans un rectangle d'environ □ m par □ m de côtés. Sous les bâtiments périphériques, ce radier commun a une épaisseur allant de □ m à □ m avec des □. Sous le Bâtiment Réacteur (HR), l'épaisseur du radier commun est de □ m.

La sous-face du radier, □, est donc située à :

- □
- □
- □

□

2.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires est fondé sur un radier en béton armé séparé du radier commun et qui a une □ Le niveau inférieur du bâtiment est généralement situé à □ m ; l'épaisseur du radier varie de □ à □ m ce qui donne un niveau de fondation entre □ m et □ m. Dans certaines zones, le niveau du plancher peut être inférieur ou l'épaisseur du radier peut être inférieur ; cela se traduit par une épaisseur structurelle du radier variant entre □ m et □ m dans ces zones.

2.3. BÂTIMENTS DIESELS

Les bâtiments diesels sont chacun fondés sur un radier en béton armé indépendant de forme rectangulaire, de dimension □ m par □ m.

L'épaisseur de ces radiers est de [] m à [] m selon les zones. Le niveau inférieur est situé à [] m et le niveau des fondations est à [] m.

2.4. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

La fondation du bâtiment de traitement des effluents est subdivisée en deux radiers indépendants en béton armé. Le niveau de sous-face de ces radiers, [], est le suivant :

- [] m pour la partie HQA,
- [] m pour la partie HQB.

2.5. STATION DE POMPAGE

Les fondations de la station de pompage sont constituées d'un radier général d'épaisseur variable ([]) reposant sur le rocher.

Le niveau de la face inférieure du radier est également variable.

Le niveau le plus bas de la face inférieure du radier est calé à [] m par rapport au niveau de la plateforme de FLAMANVILLE 3 soit [] m NGF.

2.6. OUVRAGE DE REJET

L'ouvrage de rejet est fondé sur un radier général dont l'épaisseur varie entre [] m et [] m.

Le niveau de la face inférieure du radier est également variable.

Le niveau le plus bas de la face inférieure du radier est calé à [] m par rapport au niveau de la plateforme de FLAMANVILLE 3 soit [] m NGF.

3. DIMENSIONNEMENT ET ANALYSE DE SÛRETÉ

3.1. RADIER COMMUN

3.1.1. Sollicitations

3.1.1.1. Actions élémentaires

Les actions élémentaires prises en compte pour le dimensionnement du radier commun de l'îlot nucléaire sont listées dans cette section et détaillées dans la note d'hypothèses et de méthodologie [Réf \[7\]](#).

Les cas de charges sont spécifiés dans les documents suivants :

- ETC-C et ses prescriptions complémentaires [Réf \[40\]](#),
- Note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#),
- Notes d'hypothèses spécifiques aux bâtiments (réf. [Réf \[2\]](#) à [Réf \[6\]](#)).

Les chargements élémentaires permanents pris en compte dans le dimensionnement du radier commun sont les suivants :

□

Les actions variables prises en compte sont les suivantes :

□

Les actions accidentelles prises en compte sont les suivantes :

□

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.1.1.2. Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions considérées pour le dimensionnement du radier commun sont les suivantes :

□

Ces combinaisons sont décrites précisément dans le tableau 1.3.5.1 de l'ETC-C « General load combination matrix », et les nombres entre parenthèses dans la liste précédente renvoient à ce tableau.

Les situations (6), (7), (8a), (8b) et (16) concernent uniquement la zone du radier située sous le BR.

Les situations (3) et (15) de l'ETC-C respectivement intitulées "service normal + conditions climatiques" et "conditions climatiques accidentelles" n'ont pas été étudiées pour le dimensionnement du radier.

3.1.2. Caractéristiques de matériaux

3.1.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le §4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#) et le §1.4.3.1 de l'ETC-C, le béton utilisé pour la réalisation du radier commun a les caractéristiques suivantes :

- Classe de résistance : □,
- Classe d'environnement : □,
- $f_{cm} = \square$ MPa,
- Module dynamique $E_{cm} = \square$ GPa,
- Module statique lent $E_{cm,d} = \square$ GPa,
- Module thermique transitoire $E_{cm,th} = \square$ GPa.

Les autres caractéristiques du béton du radier commun considérées svont :

- Coefficient de Poisson statique : □ pour le béton non fissuré, (□ si le béton est fissuré, utilisé pour la vérification de la résistance d'éléments à l'ELU),
- Coefficient de dilatation thermique : □/°C,

- Conductivité thermique : \square W/(m.°C),
- Chaleur spécifique = \square J/kg°C,
- Coefficient d'échange des parois intérieures : \square W/(m².°C),
- Coefficient d'échange des parois extérieures : \square W/(m².°C),
- Masse volumique du béton armé et du béton précontraint = \square kg/m³.

3.1.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton armé sont des aciers \square de résistance caractéristique \square et qui ont les caractéristiques suivantes :

- Module d'Young = \square MPa,
- Coefficient de dilatation thermique de l'acier \square /°C,
- Masse volumique : \square kg/m³.

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1, la classe structurale est \square et la marge de sécurité \square . Sachant que la classe environnementale du béton du radier commun est \square , et étant données les conditions d'exposition de l'ouvrage, l'enrobage minimal est de \square mm.

Pour le calcul des sections de béton armé, une tolérance d'exécution de \square mm est prise en compte, l'enrobage indiqué sur les plans est l'enrobage nominal de \square mm.

3.1.3. Méthodologie de calcul

3.1.3.1. Modélisation

Les bâtiments de la croix de l'îlot nucléaire (enceintes interne, enceinte externe et structures internes du bâtiment réacteur, bâtiment combustible, bâtiments des auxiliaires de sauvegarde divisions 1 à 4, \square incluant les caissons d'escalier) et le radier commun sont représentés par un modèle aux éléments finis réalisé avec le logiciel \square et présenté dans la note en référence [Réf \[8\]](#) .

Les éléments finis utilisés sont de type \square .

Ce modèle dit \square sert notamment aux calculs détaillés du radier commun.

3.1.3.2. Calculs d'ensemble

Les calculs menés sur le modèle \square sont des calculs élastiques linéaires.

L'analyse sismique est effectuée par analyse \square [Réf \[10\]](#). Les paramètres d'interaction sol-structure (courbes d'impédances de sol) sont déterminés avec le logiciel \square [Réf \[9\]](#). Cette analyse est détaillée dans la section 3.3.2 du RDS relative à la protection contre les séismes.

Les calculs sous \square permettent de déterminer les efforts dans les éléments de structure pour chacune des actions élémentaires prises en compte dans les calculs d'ensemble.

3.1.3.3. Calcul du ferrailage

Le ferrailage est calculé directement à partir des sollicitations obtenues par combinaison des réponses aux différents cas de charges élémentaires (\square) issus des calculs globaux sismiques et statiques.

La méthode de calcul du ferrailage utilisée est la \square développée dans le logiciel \square . Cette méthode est conforme à l'EN 1992-1.

Les cartes de ferrailages sont dressées pour l'ensemble des actions et combinaisons d'actions prises en compte, conformément à l'ETC-C et listées dans le [§ 3.1.1.2.](#), à partir des efforts et moments calculés sur le modèle. Le ferrailage enveloppe de l'ensemble de ces combinaisons est ensuite obtenu sur les différentes zone de l'ouvrage.

Ces cartes de ferrailages se trouvent en annexe de la note en référence [Réf \[11\]](#).

Lors d'un impact avion, les sollicitations sont transmises au radier \square (moment, effort tranchant et effort de compression à l'interface). Les valeurs de ces sollicitations ont été étudiées puis traduites directement en des prescriptions de ferrailage requises \square [Réf \[12\]](#).

Le principe de ferrailage retenu est le suivant :

\square

Les densités de ferrailage prévues pour chacune des zones du radier commun sont détaillées dans les notes en références [Réf \[13\]](#) à [Réf \[15\]](#).

3.2. BÂTIMENT DES AUXILIAIRES NUCLÉAIRES

3.2.1. Sollicitations

3.2.1.1. Actions élémentaires

Les actions élémentaires prises en compte pour le dimensionnement du radier du bâtiment des auxiliaires nucléaires sont listées dans cette section et détaillées dans la note d'hypothèses et de méthodologie [Réf \[17\]](#).

Les cas de charges sont spécifiés dans les documents suivants :

- ETC-C et ses prescriptions complémentaires [Réf \[40\]](#),
- Note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#),
- Note d'hypothèses spécifique au bâtiment [Réf \[16\]](#).

Les chargements élémentaires permanents pris en compte dans le dimensionnement du radier du bâtiment sont les suivants :

\square

Les actions variables prises en compte sont les suivantes :

\square

Les actions accidentelles prises en compte sont les suivantes :

\square

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.2.1.2. Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions considérées pour le dimensionnement du radier du bâtiment des auxiliaires nucléaires sont les suivantes :

□

Ces combinaisons sont décrites précisément dans le tableau 1.3.5.1 de l'ETC-C « General load combination matrix », et les nombres entre parenthèses dans la liste précédente renvoient à ce tableau.

3.2.2. Caractéristiques de matériaux

3.2.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le §4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#) et le §1.4.3.1 de l'ETC-C, le béton utilisé pour la réalisation du radier du bâtiment des auxiliaires nucléaires a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton considérées sont :

□

3.2.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton armé sont des aciers □ de résistance caractéristique □ et qui ont les caractéristiques suivantes :

□

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1, la classe structurale est □ et la marge de sécurité □. Sachant que la classe environnementale du béton du radier commun est □, et étant données les conditions d'exposition de l'ouvrage, l'enrobage minimal est de □ mm.

Pour le calcul des sections de béton armé, une tolérance d'exécution de □ mm est prise en compte, l'enrobage indiqué sur les plans est l'enrobage nominal de □ mm.

3.2.3. Méthodologie de calcul

Le bâtiment des auxiliaires nucléaires est représenté par un modèle □ réalisé avec le logiciel □.

Le calcul se déroule en deux étapes :

- une analyse globale de la structure (sous cas de charges statiques et dynamiques),
- une analyse locale du radier.

3.3. BÂTIMENTS DIESELS

3.3.1. Sollicitations

3.3.1.1. Actions élémentaires

Les actions élémentaires prises en compte pour le dimensionnement du radier des bâtiments des diesels sont listées dans cette section et détaillées dans la note d'hypothèses et de méthodologie [Réf \[21\]](#).

Les cas de charges sont spécifiés dans les documents suivants :

- ETC-C et ses prescriptions complémentaires [Réf \[40\]](#),
- Note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#),
- Notes d'hypothèses spécifiques aux bâtiments [Réf \[19\]](#) et [Réf \[20\]](#).

Les chargements élémentaires permanents pris en compte dans le dimensionnement du radier du bâtiment sont les suivants :

□

Les actions variables prises en compte sont les suivantes :

□

Les actions accidentelles prises en compte sont les suivantes :

□

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.3.1.2. Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions considérées pour le dimensionnement du radier des bâtiments diesels sont les suivantes :

□

Ces combinaisons sont décrites précisément dans le tableau 1.3.5.1 de l'ETC-C « General load combination matrix », et les nombres entre parenthèses dans la liste précédente renvoient à ce tableau.

3.3.2. Caractéristiques de matériaux

3.3.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le §4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[1\]](#) et le §1.4.3.1 de l'ETC-C, le béton utilisé pour la réalisation du radier des diesels a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton du radier des bâtiments diesels considérées sont :

□

3.3.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton armé sont des aciers □ de résistance caractéristique □ et qui ont les caractéristiques suivantes :

□

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1, la classe structurale est □ et la marge de sécurité □. Sachant que la classe

environnementale du béton du radier des diesels est XS3 et, étant données les conditions d'exposition de l'ouvrage, l'enrobage minimal est de \square mm.

Pour le calcul des sections de béton armé, une tolérance d'exécution de \square mm est prise en compte, l'enrobage indiqué sur les plans est l'enrobage nominal de \square mm.

3.3.3. Méthodologie de calcul

Les bâtiments des diesels sont représentés par un modèle aux éléments finis réalisé avec le logiciel \square .

Le calcul se déroule en deux étapes, décrites dans les notes [Réf \[22\]](#) et [Réf \[23\]](#) :

- une analyse globale de la structure (sous cas de charges statiques et dynamiques),
- une analyse locale du radier.

3.4. BÂTIMENT DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

3.4.1. Sollicitations

Les cas de charge élémentaires ainsi que les combinaisons d'actions utilisés dans le dimensionnement des deux radiers du bâtiment HQ sont décrits dans cette section et dans les notes [Réf \[24\]](#) à [Réf \[27\]](#).

3.4.1.1. Actions élémentaires

Les actions permanentes prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

\square

Les actions variables considérées sont les suivantes :

\square

Les actions accidentelles retenues dans les calculs sont les suivantes :

\square

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.4.1.2. Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions considérées pour le dimensionnement des deux radiers du bâtiment de traitement des effluents sont les suivantes :

\square

3.4.2. Caractéristiques de matériaux

3.4.2.1. Béton

Conformément aux prescriptions données dans le §4.1.1 de la note d'hypothèses générales [Réf \[24\]](#), [Réf \[25\]](#) et le §1.4.3.1 de l'ETC-C, le béton utilisé pour la réalisation des deux radiers du bâtiment HQ a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton de ces deux radiers sont :

□

3.4.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton sont des aciers FeE500-3 de résistance caractéristique □ et qui ont les caractéristiques suivantes :

□

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1. La classe structurale est □ et la marge de sécurité □. La classe environnementale des deux radiers du HQ étant XS3, l'enrobage minimal est de □ mm.

3.4.3. Méthodologie de calcul

Le bâtiment de traitement des effluents est représenté par deux modèles aux éléments finis (HQA et HQB) réalisés avec le logiciel □ (pour les analyses statiques et dynamiques).

□

Pour chacune des deux parties (HQA et HQB), le sol est modélisé par des ressorts sous le radier déterminés de manière itérative afin de prendre en compte l'interaction sol-structure.

Les cas de charges élémentaires statiques et dynamiques ainsi que leurs combinaisons sont calculées sur le modèle réalisé avec □.

Les calculs détaillés propres aux radiers se trouvent dans les notes [Réf \[28\]](#) et [Réf \[29\]](#).

3.5. STATION DE POMPAGE

3.5.1. Sollicitations

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement figurent dans les notes [Réf \[30\]](#) et [Réf \[31\]](#).

Les actions permanentes prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

Les actions variables prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

Les actions accidentelles prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.5.2. Caractéristiques des matériaux

3.5.2.1. Béton

Le béton utilisé pour le radier de la Station de Pompage a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton sont précisées dans l'ETC-C.

3.5.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton sont des aciers FeE500-3 de résistance caractéristique □ et qui ont les caractéristiques suivantes :

□

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1. La classe structurale est □ et la marge de sécurité □. La classe environnementale du radier de la station de pompage étant □, l'enrobage minimal est de □ mm.

Pour le calcul des sections de béton armé, une tolérance d'exécution de □ mm est prise en compte, l'enrobage indiqué sur les plans est l'enrobage nominal de □ mm.

3.5.3. Méthodologie de calcul

3.5.3.1. Modélisation

La station de pompage est modélisée à l'aide du logiciel de □. Le modèle est 3D à base d'éléments de type coque et barre. Ce modèle est décrit dans la note [Réf \[33\]](#).

3.5.3.2. Enchaînement des calculs

Deux points principaux ont été étudiés dans le cas de la station de pompage : la stabilité de l'ouvrage et le dimensionnement des structures de l'ouvrage.

Etude de la stabilité d'ensemble de l'ouvrage (voir note [Réf \[32\]](#))

Cette étude de stabilité a été réalisée en situation statique et en situation sismique. Dans les deux cas, les points suivants ont été vérifiés :

□

Dimensionnement du radier en béton armé

□

3.5.3.3. Calcul du ferrailage

Les sollicitations enveloppes sont extraites des modélisations réalisées.

Les sections d'aciers sont calculées sur la base de ces sollicitations.

L'ensemble des calculs est conforme aux prescriptions de l'Eurocode 2 et de l'ETC-C.

Les calculs détaillés propres au radier se trouvent dans la [Réf \[34\]](#).

Les armatures de certains éléments sont déterminées à partir de calculs locaux pour tenir compte de chargements ou effets particuliers (charges non introduites dans le modèle telles que les charges maximales d'exploitation et charges mobiles, charges de construction).

3.6. OUVRAGE DE REJET

3.6.1. Sollicitations

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement figurent dans les notes [Réf \[30\]](#) et [Réf \[35\]](#).

Les actions permanentes prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

Les actions variables prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

Les actions accidentelles prises en compte dans les calculs de dimensionnement sont les suivantes :

□

L'incendie n'a pas été introduit en tant que chargement dans les calculs, la justification de la stabilité au feu des structures porteuses se traduisant pas des exigences (issues de la partie 1.2 section 5 de l'Eurocode 2) portant sur des dispositions constructives.

3.6.2. Caractéristiques des matériaux

3.6.2.1. Béton

Le béton utilisé pour le radier de l'Ouvrage de Rejet a les caractéristiques suivantes :

□

Les autres caractéristiques du béton sont précisées dans l'ETC-C.

3.6.2.2. Armatures pour le béton armé

Les aciers à haute adhérence utilisés pour le béton sont des aciers FeE500-3 de résistance caractéristique □ et qui ont les caractéristiques suivantes :

□

L'enrobage minimal des aciers est calculé conformément au §1.4.3.4 de l'ETC-C et au §4.4.1 de l'EN 1992-1-1. La classe structurale est □ et la marge de sécurité □. La classe environnementale du radier de l'ouvrage de rejet étant □, l'enrobage minimal est de □ mm.

Pour le calcul des sections de béton armé, une tolérance d'exécution de □ mm est prise en compte, l'enrobage indiqué sur les plans est l'enrobage nominal de □ mm.

3.6.3. Méthodologie de calcul

3.6.3.1. Modélisation

L'Ouvrage de rejet est modélisé à l'aide du logiciel □.

Les éléments utilisés dans la modélisation sont de □. Ce modèle est détaillé dans la [Réf \[37\]](#).

3.6.3.2. Enchaînement des calculs

Deux points principaux ont été étudiés dans le cas de l'Ouvrage de rejet : la stabilité de l'ouvrage et le dimensionnement des structures de l'ouvrage.

Etude de la stabilité d'ensemble de l'ouvrage (voir Réf [36])

Cette étude de stabilité a été réalisée en situation statique et en situation sismique.

Dans les deux cas, les points suivants ont été vérifiés :

□

Dimensionnement du radier en béton armé

□

3.6.3.3. Calcul du ferrailage

Les sollicitations enveloppes sont extraites des modélisations réalisées.

Les sections d'aciers sont calculées sur la base de ces sollicitations.

L'ensemble des calculs est conforme aux prescriptions de l'Eurocode 2 et de l'ETC-C.

Les calculs détaillés propres au radier se trouvent dans la [Réf \[38\]](#).

Les armatures de certains éléments sont déterminées à partir de calculs locaux pour tenir compte de chargements ou effets particuliers (charges non introduites dans le modèle telles que les charges maximales d'exploitation et charges mobiles, charges de construction).

3.7. ANALYSE DE SÛRETÉ

3.7.1. Tel que dimensionné

Les études réalisées montrent que, pour les différents bâtiments, les comportements des radiers sont satisfaisants pour toutes les charges et combinaisons de charges prises en compte. La stabilité globale des bâtiments est démontrée et le seuil des contraintes admissibles dans le sol est respecté dans toutes les situations envisagées.

3.7.2. Tel que réalisé

A ce stade de la réalisation, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

LISTE DE RÉFÉRENCES

- [1] ECEIG 021405 Ind. J. Titre : EPR – Note d’hypothèses générales de dimensionnement du génie civil des bâtiments de l’îlot nucléaire.
- [2] SFL-EYRC-0030027 Ind. C. Titre : Note d’hypothèses de dimensionnement du radier commun EPR FA3.
- [3] SFL-EYRC-0030017 Ind. F. Titre : Note d’hypothèses de dimensionnement du bâtiment combustible.
- [4] SFL-EYRC-0030022 Ind. B. Titre : Note d’hypothèses de dimensionnement des structures internes du bâtiment réacteur.
- [5] SFL-EZC-008001 Ind. C. Titre : Hypothesis note for Safeguard Buildings Division 1&4.
- [6] SFL-EZC-008002 Ind. C. Titre : Hypothesis note for Safeguard Buildings Division 2&3.
- [7] 10439NT28B010101 Ind. F. Titre : Ilot nucléaire – Modèle d’ensemble 3D – Note d’hypothèses et de méthodologie
- [8] 10439NT28B010102 Ind. C. Titre : Ilot nucléaire – modèle d’ensemble 3D – Description générale – nœuds – éléments – épaisseurs
- [9] 10439NT28B010104 Ind. D. Titre : Ilot nucléaire – modèle d’ensemble 3D – Détermination des paramètres d’interaction sol-structure
- [10] 10439NT28B010105 Ind. D. Titre : Ilot nucléaire – modèle d’ensemble 3D – Analyse modale – Calcul des réponses spectrales
- [11] 10439NT28B010108 Ind. C. Titre : Ilot Nucléaire – Modèle d’ensemble 3D – Ferrailage du radier commun sous combinaisons de chargements statiques et dynamiques
- [12] ENGSGC070079. Titre : EPR – Ferrailage Lots 1a et 1b.
- [13] 10439NT28B010111 Ind. C. Titre : Ilot Nucléaire – Radier générale zone HR et SI – Note de calcul de détail. Justification du ferrailage
- [14] 10439NT28B010112 Ind. B. Titre : Ilot Nucléaire – Radier générale zone Bâtiment combustible – Note de calcul de détail. Justification du ferrailage
- [15] 10439NT28B010113 Ind. B. Titre : Ilot Nucléaire – Radier générale zone HL DIV 1,2,3,4 – Note de calcul de détail. Justification du ferrailage
- [16] SFL-EZC-008003 Ind. C. Titre : Hypotheses note for the Nuclear Auxiliary Building.
- [17] 11788 YR1222 NT 28B01 0001 Ind. D. Titre : Nuclear Auxiliary Building – Note of hypotheses and methodology.
- [18] 11788 YR1222 NT 28B01 0011 Ind. A. Titre : Nuclear Auxiliary Building – Detail design note – Raft at 0 m
- [19] ECEIG060786 ind. A. Titre : Note d’exigences de dimensionnement des bâtiments diesels EPR FA3.

[20] SFL-EYRC-0030020 Ind. G. Titre : Note d'hypothèses de dimensionnement du génie civil des bâtiments diesels EPR FA3.

[21] 10439NT28B01501 Ind. F. Titre : Bâtiment diesel – Note d'hypothèses et de méthodologie.

[22] 10439NT28B01507 Ind. E. Titre : Bâtiment diesel - Calcul anticipé du ferrailage du radier et de la 1ère levée de voiles.

[23] 10439NT28B01509 Ind. D. Titre : Bâtiment diesel - HDA - HDB - Dimensionnement du radier de la 1ère levée de voiles et de la dalle à \square m.

[24] ECEIG050762 Ind. E. Titre : Note d'hypothèses de dimensionnement du génie civil du BTE de Flamanville 3.

[25] 00322626HQSTNDC001 Ind. C. Titre : Note d'hypothèses HQ.

[26] 00322626HQASTNDC0003 Ind. B. Titre : Note de modélisation HQA.

[27] 00322626HQBSTNDC0050 Ind. C. Titre : Note de modélisation HQB.

[28] 00322626HQASTNDC0014 Ind. A. Titre : Note de calculs du radier du HQA.

[29] 00322626HQBSTNDC0006 Ind. D. Titre : Note de calculs du radier du HQB.

[30] ETOIG 05 0003 Ind. C. Titre : Hypothèses et méthodes de calcul applicables au génie civil de la station de pompage et de l'ouvrage de rejet de la centrale nucléaire de type EPR, FLAMANVILLE 3.

[31] PFV 11H00 1401 1261 TIGB Ind. C. Titre : Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note d'hypothèses et méthodologie.

[32] PFV 11H00 1410 1261 TIGC Ind. D. Titre : Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note de stabilité générale.

[33] PFV 11H00 1411 1261 TIGC Ind. A. Titre : Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note de modélisation.

[34] PFV 11H00 1421 1261 TIGC Ind. E. Titre : Station de pompage FLAMANVILLE 3 – Note de calculs du radier.

[35] PFV 11K00 2401 1261 TIGB Ind. E. Titre : Ouvrage de rejet FLAMANVILLE 3 - Note d'hypothèses et méthodologie.

[36] PFV 11K00 2410 1261 TIGC Ind. C. Titre : Ouvrage de rejet FLAMANVILLE 3 - Note de stabilité générale.

[37] PFV 11K00 2411 1261 TIGC Ind. B. Titre : Ouvrage de rejet FLAMANVILLE 3 - Note de modélisation.

[38] PFV 11K00 2421 1261 TIGC Ind. F. Titre : Ouvrage de rejet FLAMANVILLE 3 – Note de calculs du radier.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 5.5

PAGE 17/17

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

[39] ECEIG080182 Ind. B. Titre : Analyse de nocivité de la fissuration du plot 1a du radier de l'îlot nucléaire de Flamanville 3.

[40] ENGSGC100349 Ind. D. Titre : Prescriptions complémentaires pour la conception du génie civil de FA3 par rapport à l'ETC-C référencé ENGSC050076 à l'indice B.

3.6 SYSTÈMES ET COMPOSANTS MÉCANIQUES

3.6.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ

3.6.1 SUJETS SPÉCIFIQUES AUX COMPOSANTS MÉCANIQUES (INCLUANT LA LISTE DES SITUATIONS)

3.6.2 REFERENTIEL DE CONCEPTION DES MATERIELS MECANIQUES DE L'EPR DE CLASSE DE CONCEPTION ET DE REALISATION Q1, Q2 OU Q3

3.6.3 ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES CPP ET CSP

3.6.4 ESSAIS

SOMMAIRE

.3.6.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ	2
1. FONCTIONS DE SÛRETÉ	2
2. CRITÈRES FONCTIONNELS	2
3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	3
3.1. RÉGLEMENTATION APPLICABLE	3
3.2. CLASSEMENT DE SÛRETÉ	3
3.3. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES	3
3.4. PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS	4
3.5. QUALIFICATION	4

.3.6.0 EXIGENCES DE SÛRETÉ

1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

La conception des systèmes et composants mécaniques prend en compte le dimensionnement des équipements permettant de garantir, par des études ou des essais appropriés, que ces équipements sont aptes à remplir les fonctions pour lesquelles ils sont conçus, pendant la durée de vie prévue. Les fonctions de sûreté consistent à assurer :

- Le contrôle de la réactivité,
- L'évacuation de la puissance résiduelle,
- Le confinement des substances radioactives.

2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Les composants mécaniques sont divisés en deux catégories, selon le rôle actif ou passif de l'appareil pour assurer les fonctions de sûreté.

Composants actifs

Un composant actif est un composant commandé ou contrôlé extérieurement et activé manuellement ou automatiquement avec l'assistance de moyens de transfert et de conduite (ex : courant électrique, systèmes hydrauliques ou pneumatiques). Un composant non muni d'actionneurs (fonctionnant sans alimentation ou commande externe) est considéré comme composant actif si sa position change lorsque la fonction qui lui est propre est exécutée (ex : soupape de sécurité).

Composants passifs

Un composant passif n'exige aucune commande ni alimentation électrique pour exécuter sa fonction (tuyauteries, échangeurs de chaleur, capacités).

Selon le type de composant (actif ou passif) et son comportement attendu pour la réalisation de la fonction de sûreté qu'il doit accomplir, on doit tenir compte des exigences suivantes :

- Opérabilité : aptitude d'un composant actif, de ses systèmes auxiliaires, support et d'alimentation électrique, à garantir les mouvements du composant nécessaires à l'accomplissement de la fonction de sûreté concernée.
- Capacité fonctionnelle : aptitude d'un composant traversé par un fluide à résister aux charges spécifiées de façon à garantir une limitation de ses déformations à un niveau tel qu'il n'y ai pas de réduction de débit suffisante pour compromettre l'accomplissement de la fonction de sûreté concernée.
- Intégrité : aptitude de toutes les pièces élémentaires d'un composant sous pression à résister aux charges spécifiées et à la fréquence d'occurrence donnée pendant toute la durée de vie du composant.
- Stabilité : aptitude d'un composant à résister à des charges qui tendent à modifier l'orientation ou l'emplacement du composant (par exemple en chutant, en glissant, par détachement de parties). La stabilité d'un composant requiert la résistance et la stabilité de ses supports.

3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

3.1. RÉGLEMENTATION APPLICABLE

La conception et la réalisation des équipements mécaniques sont régies par les textes listés au sous-chapitre 1.7, et en particulier :

- Les Directives Techniques (sections B 1.2, B 1.3, B 2.3.6 et B 2.3.7) ;
- L'arrêté du 30 décembre 2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaires et à certains accessoires de sécurité destinés à leur protection ;
- Le décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 et l'arrêté du 20 novembre 2017 pour les autres équipements sous pression.

Par ailleurs, la conception du CPP et du CSP doit être conforme aux exigences de l'Arrêté Exploitation du 10 novembre 1999 modifié.

3.2. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les composants mécaniques assurant une fonction de sûreté doivent être classés conformément aux exigences du sous-chapitre 3.2.

Ce classement contribue notamment, avec le classement ESPN (voir section 3.6.2), à la définition des niveaux de qualité de conception et de réalisation pour les composants mécaniques.

3.3. CONDITIONS DE DIMENSIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES

Cette section concerne les équipements suivants :

- les équipements sous pression : tuyauteries, cuves, réservoirs, pompes, vannes, pénétrations mécaniques étanches.
- les composants non soumis à pression : les supports des composants mécaniques, les équipements internes de la cuve du réacteur, certains composants mécaniques des systèmes de ventilation, les outils de manutention.

Le dimensionnement des équipements mécaniques doit permettre de garantir que ces équipements sont aptes à remplir les fonctions pour lesquelles ils sont conçus et notamment les fonctions de sûreté.

Ce dimensionnement est fondé sur la prise en compte de chargements propres à chaque équipement. Ces chargements résultent de l'identification des situations vues par les équipements et des règles définies pour démontrer leur intégrité selon les probabilités des différentes situations.

Ces situations sont définies de manière enveloppe pour couvrir l'ensemble des conditions de fonctionnement pour lesquelles les équipements mécaniques sont requis. Chaque situation vue par l'équipement se caractérise par un ensemble de paramètres qui traduisent les chargements (solicitations) auxquels il est soumis : pression et température, efforts internes et externes...

Les chargements induits par certaines agressions internes et externes (voir sous-chapitre 3.4) sont également pris en compte. La section 3.6.1 donne la nature et les règles de cumul de ces chargements pour les équipements sous pression classés de sûreté.

Les règles générales de conception et de réalisation des matériels mécaniques sont fonctions de leur niveau de qualité (Q1, Q2, Q3 ou non classé Q) déduit de leur classement de sûreté et de la réglementation. La section 3.6.2 présente la démarche d'établissement de ce niveau de qualité et donne les règles générales de conception et de réalisation applicables selon chaque niveau.

Des exigences complémentaires peuvent être prescrites afin de compléter ou préciser ces exigences générales. Un renforcement des exigences peut en particulier autoriser une réduction du périmètre des défaillances d'un composant à considérer dans les études de sûreté, voire l'exclusion de certaines

défaillances. C'est le cas par exemple de certaines tuyauteries du CPP et du CSP pour lesquelles la démarche d'exclusion de rupture est mise en œuvre (voir sous-chapitre 3.4.2).

3.4. PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS

La protection contre les surpressions doit être assurée par des accessoires de sécurité qui viennent compléter les dispositifs de régulation de pression et de température.

La protection contre les surpressions s'applique à la conception mécanique de l'ensemble des équipements sous pression et notamment à celle du CPP et du CSP.

La section 3.6.3 présente les règles permettant d'assurer la protection contre les surpressions.

3.5. QUALIFICATION

Les composants mécaniques participant, au sein d'un système, à l'accomplissement d'une fonction de sûreté doivent être qualifiés aux conditions dans lesquelles cette fonction de sûreté est requise. La qualification des composants mécaniques fait l'objet de spécifications adaptées à chaque type de matériel.

Les principes et les exigences de qualification sont présentés dans le sous-chapitre 3.7.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1

PAGE 1/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

**.3.6.1 SUJETS SPECIFIQUES AUX COMPOSANTS MECANIQUES
(INCLUANT LA LISTE DES SITUATIONS) 2**

.3.6.1 SUJETS SPECIFIQUES AUX COMPOSANTS MECANIQUES (INCLUANT LA LISTE DES SITUATIONS)

Les études de conception et de dimensionnement mécanique des équipements sous pression nucléaire (ESPN) sont fondées sur la prise en compte de chargements correspondant à l'usage envisagé, ainsi que pour d'autres conditions de fonctionnement raisonnablement prévisibles, tels que décrits au paragraphe 2.2.1 de l'Annexe 1 au décret du 13 décembre 1999. Ces chargements résultent de l'identification des situations vues par les équipements et des règles définies pour démontrer leur intégrité selon les probabilités des différentes situations.

Cette section définit en premier lieu les situations de fonctionnement sur la base desquelles sont conçus les équipements (section 3.6.1.1). Ensuite la section 3.6.1.2 spécifie la nature des chargements à considérer pour l'ensemble des ESPN et plus particulièrement les CPP et CSP, ainsi que les règles de cumul de ces chargements et les critères à respecter, selon la catégorisation des situations et l'objectif fonctionnel assigné aux différents équipements. La section 3.6.1.3 et la section 3.6.1.4 décrivent les méthodes d'analyse pour le CPP et le CSP en particulier vis-à-vis des chargements qui résultent des efforts hydrauliques accidentels, consécutifs à des brèches. Enfin, la section 3.6.3 démontre le respect des critères vis-à-vis des risques de surpression pour les équipements des CPP et CSP.

3.6.1 SUJETS SPÉCIFIQUES AUX COMPOSANTS MÉCANIQUES (INCLUANT LA LISTE DES SITUATIONS)

3.6.1 SUJETS SPECIFIQUES AUX COMPOSANTS MECANIQUES (INCLUANT LA LISTE DES SITUATIONS)

3.6.1.1 SITUATIONS DE FONCTIONNEMENT

3.6.1.2 SPÉCIFICATION DES CHARGEMENTS

3.6.1.3 ANALYSE MÉCANIQUE DU CPP

3.6.1.4 CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE SYSTEME SECONDAIRE (RTV)

SOMMAIRE

.3.6.1.1 SITUATIONS DE FONCTIONNEMENT	6
1. DÉFINITION DES SITUATIONS DE FONCTIONNEMENT	6
1.1. CPP ET CSP	6
1.2. CIRCUITS AUXILIAIRES ET DE SAUVEGARDES	8
2. SITUATIONS D'EXPLOITATION NORMALE (CCC2)	8
2.1. DÉMARRAGE DE LA TRANCHE DE L'ARRÊT À FROID À L'ARRÊT À CHAUD (T1)	9
2.2. ARRÊT COMPLET DE LA TRANCHE DE L'ARRÊT À CHAUD À L'ARRÊT À FROID (T2)	9
2.3. MISE EN SERVICE ET ARRÊT PARTIELS DE LA TRANCHE ENTRE L'ARRÊT À FROID ET 120°C SUR LES GV (T3)	10
2.4. ARRÊT ET DÉMARRAGE PARTIELS DE LA TRANCHE ENTRE LA PLEINE PUISSANCE ET 110°C SUR LES GV (T4)	10
2.5. RAMPES DE CHARGE DE 100% À 0%PN AVEC UN GRADIENT DE 5%PN/MIN ET RETOUR (T5)	10
2.6. VARIATIONS DE PUISSANCE PROGRAMMÉES - SUIVI DE CHARGE QUOTIDIEN (T6)	11
2.7. TÉLÉRÉGLAGE / RÉGLAGES PRIMAIRE ET SECONDAIRE DE FRÉQUENCE (T7)	11
2.8. VARIATIONS DE PUISSANCE NON PROGRAMMÉES / D'URGENCE (T8)	11
2.9. FLUCTUATIONS NON PROGRAMMÉES / INTEMPESTIVES EN ARRÊT À CHAUD ET À FAIBLE CHARGE (T9)	11
2.10. RÉDUCTION DE PUISSANCE PARTIELLE DU RÉACTEUR (T10)	12
2.11. PASSAGE DE 100%PN EN CYCLE NATUREL À LA PUISSANCE MAXIMALE EN FIN DE PROLONGATION DE CYCLE (T11A)	12
2.12. RETOUR À L'ARRÊT À CHAUD APRÈS UNE EXPLOITATION EN PROLONGATION DE CYCLE (T11B)	12
3. SITUATIONS PERTURBÉES (CCC2)	12
3.1. ARRÊT AUTOMATIQUE OU MANUEL DU RÉACTEUR (T12)	13

3.2. DÉCLENCHEMENT DE LA TURBINE (T13)	13
3.3. PERTE TOTALE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES EXTERNES AVEC ÉCHEC DE L'ÎLOTAGE (T14)	13
3.4. PERTE DE L'EAU ALIMENTAIRE NORMALE (T15)	14
3.5. DÉPRESSURISATION INTEMPESTIVE DU PRIMAIRE (T16)	14
3.6. AUGMENTATION EXCESSIVE DU DÉBIT VAPEUR (REFROIDISSEMENT EXCESSIF DU SECONDAIRE) (T17)	14
3.7. SURDÉBIT D'EAU ALIMENTAIRE EN ARRÊT À CHAUD (T18)	14
3.8. DÉPRESSURISATION IMPORTANTE DU SECONDAIRE (DIFFÉRENCE DE PRESSION MAXIMALE ENTRE PRIMAIRE ET SECONDAIRE) (T19)	15
3.9. FLUCTUATIONS NON PROGRAMMÉES DE TEMPÉRATURE ET/OU DE PRESSION ENTRE LES ARRÊTS À CHAUD ET À FROID (T20)	15
3.10. PRESSION MAXIMALE DES GV AVEC CIRCUIT PRIMAIRE OUVERT (T21)	16
3.11. SUPPRESSION SECONDAIRE (T22)	16
4. SITUATIONS PARTICULIÈRES A CERTAINES ENCEINTES	17
4.1. SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CPP	17
4.1.1. RIS-RA BRANCHE FROIDE	17
4.1.2. RIS-RA BRANCHE CHAUDE	17
4.1.3. LIGNE RCP D'INJECTION AUX JOINTS N°1	17
4.1.4. LIGNES RCP DÉDIÉES AUX ACCIDENTS GRAVES ET AU GAVÉ OUVERT	18
4.1.5. LIGNE RCP DE REFROIDISSEMENT DU DÔME DU PRESSURISEUR	18
4.1.6. LIGNE RCP D'ÉVENTAGE DU PRESSURISEUR VERS LA POMPE À VIDE DU RPE ET VERS LE SYSTÈME SGN	18
4.1.7. LIGNE RCP DE DÉGAZAGE DU PRESSURISEUR VERS LE RPE	18
4.1.8. LIGNE RCP DE FUITE DU JOINT DE CUVE	18
4.1.9. RCV CHARGE ET DÉCHARGE	18
4.2. SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CSP	18

4.2.1. LIGNES PRINCIPALES ARE	18
4.2.2. LIGNES VAPEUR PRINCIPALES VVP	18
4.2.3. LIGNES DE DÉCHARGE VAPEUR VDA	19
4.2.4. LIGNES ASG	19
5. SITUATIONS D'ESSAIS	19
5.1. ESSAI DE DÉMARRAGE VDA EN AAC	19
5.2. ESSAIS DE DÉMARRAGE ASG DANS DES GV PRESSURISÉS (TTS ASG)	19
6. ÉPREUVES HYDRAULIQUES	19
6.1. ÉPREUVES HYDRAULIQUES INDIVIDUELLES AVANT INSTALLATION (EH1)	19
6.2. ÉPREUVES HYDRAULIQUES AVANT LA PREMIÈRE EXPLOITATION (EH2) (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)	20
6.3. ÉPREUVES HYDRAULIQUES PÉRIODIQUES (EH3) (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)	20
6.4. TESTS D'ÉTANCHÉITÉ DU CIRCUIT PRIMAIRE (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)	20
7. SITUATIONS EXCEPTIONNELLES (CCC3)	21
7.1. FERMETURE INTEMPESTIVE D'UNE / DE TOUTES LES VANNES D'ISOLEMENT VAPEUR (T3.1)	21
7.2. PERTE TOTALE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES EXTERNES LONG TERME SANS GCT (MODE D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS LONG TERME) (T3.2)	21
7.3. DÉCLENCHEMENT DE LA TURBINE À LONG TERME SANS GCT (T3.3)	22
7.4. RUPTURE DE TUBE GV (UN TUBE) (T3.4)	22
7.5. PETITE BRÈCHE PRIMAIRE (T3.5)	22
7.6. PETITE BRÈCHE SECONDAIRE (T3.6)	22
7.7. OUVERTURE INTEMPESTIVE D'UNE SOUPE DE SÛRETÉ DU PRESSURISEUR (T3.7)	23
7.8. SURPRESSION EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID DE CATÉGORIE 3 (T3.8)	23
8. SITUATIONS HAUTEMENT IMPROBABLES (CCC4)	23
8.1. ATWS (ANTICIPATED TRANSIENT WITHOUT SCRAM) (T4.1)	24

8.2. RUPTURE DE PLUSIEURS TUBES GV (T4.2)	24
8.3. BRÈCHE PRIMAIRE (T4.3)	25
8.4. RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR (T4.4)	25
8.5. RUPTURE DE TUYAUTERIE D'EAU ALIMENTAIRE (T4.5)	25
8.6. TRANSITOIRES INDUITS PAR DES ÉVÉNEMENTS EXTERNES (T4.6)	25
8.7. PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE (T4.7)	26
8.8. REFROIDISSEMENT RAPIDE PAR LE SECONDAIRE (T4.8)	26
8.9. SUPPRESSION EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID DE CATÉGORIE 4 (T4.9)	26
8.10. BRÈCHE PRIMAIRE AVEC DÉFAILLANCE DE L'ISMP EN ÉTAT A (T4.10)	27
8.11. PERTE TOTALE DE LA SOURCE FROIDE CONDUISANT À UNE BRÈCHE AUX JOINTS DES GMPP DANS LES ÉTATS A À CB1 (T4.11)	27
8.12. ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES EN ÉTAT A (PERTE DE LA LIGNE PRINCIPALE D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE) (T4.12)	27
9. ÉTUDES SPÉCIFIQUES	28
9.1. BRÈCHE PRIMAIRE DOUBLEMENT DÉBATTUE (T4.3 – APRP 2A)	28
9.2. TRANSITOIRES INDUITS PAR DES ÉVÉNEMENTS EXTERNES (T4.6)	28

TABLEAUX :

TAB-3.6.1.1.1	LISTE DES SITUATIONS D'EXPLOITATION NORMALE	29
TAB-3.6.1.1.2	LISTE DES SITUATIONS PERTURBÉES	30
TAB-3.6.1.1.3	LISTE DES SITUATIONS D'ESSAIS.....	31
TAB-3.6.1.1.4	LISTE DES ÉPREUVES HYDRAULIQUES.....	32
TAB-3.6.1.1.5	LISTE DES SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CPP CLASSÉES EN 2^{ÈME} CATÉGORIE	33
TAB-3.6.1.1.6	LISTE DES SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CSP CLASSÉES EN 2^{ÈME} CATÉGORIE	34

.3.6.1.1 SITUATIONS DE FONCTIONNEMENT

1. DÉFINITION DES SITUATIONS DE FONCTIONNEMENT

Conformément aux exigences de l'Arrêté ESPN (Annexes 1, 2 et 3), les équipements sont dimensionnés sur la base des "situations dans lesquelles [ils] peuv[ent] se trouver".

Les situations vues par les équipements découlent des situations de fonctionnement vues par le système auquel ils appartiennent, ainsi que, éventuellement, des situations spécifiques à l'équipement (exemple : torseur d'effort dû au serrage de la fermeture Cuve pour le couvercle de cuve). Chaque situation vue par l'équipement se caractérise par un ensemble de paramètres qui traduisent les sollicitations auxquelles il est soumis : pression et température, efforts internes et externes...

1.1. CPP ET CSP

Les situations de fonctionnement des circuits primaire et secondaire principaux (CPP et CSP) sont définies de façon à envelopper les transitoires de fonctionnement du réacteur en exploitation normale, incidentelle et accidentelle. Elles sont définies en cohérence avec la liste des conditions de fonctionnement de la chaudière (PCC, RRC-A et Accident Grave) servant de référence à l'analyse de Sûreté (voir chapitre 15 et chapitre 19). L'ensemble de ces situations est appelé "liste des situations", définissant les situations dites de tranche ou situations CPP/CSP.

Une situation CPP/CSP est définie comme étant l'ensemble constitué par :

- un évènement initiateur (transitoire programmé, incident, accident),
- un état descriptif des systèmes pris en considération dans la définition du transitoire thermohydraulique CPP/CSP (régulation, limitation, protection...),
- les conséquences thermohydrauliques qui en résultent, évaluées en variations de pression, de température et de débit,
- un nombre d'occurrences.

Conformément au RCC-M (voir sous-chapitre 1.6), les situations de la tranche sont répertoriées sous six catégories (situation d'exploitation normale, situation perturbée, situation exceptionnelle, situation hautement improbable, régime d'essais et épreuves hydrauliques). La catégorisation entre situations de fonctionnement perturbée, exceptionnelle et hautement improbable, est fondée sur les fréquences d'occurrence annuelles des évènements initiateurs considérés ; les plages de fréquence sont identiques à celles considérées pour la catégorisation des conditions de fonctionnement PCC, RRC-A et Accident Grave si bien qu'il y a cohérence entre la catégorisation au titre du dimensionnement mécanique et la catégorisation au titre de l'analyse de sûreté (voir tableau du paragraphe 3 de la section 3.6.1.2).

La conception mécanique des composants repose de manière plus spécifique sur la catégorisation suivante des situations de fonctionnement :

- catégorie 2, regroupant les situations normales et les situations perturbées,
- catégorie 3, regroupant les situations exceptionnelles,
- catégorie 4, regroupant les situations hautement improbables (qui incluent celles résultant des séquences d'événements multiples),
- régime d'essai et situations d'épreuve.

1) Situations d'exploitation normale (ou situations de catégorie 2)

Les situations d'exploitation normale correspondent à des situations auxquelles peuvent être exposés les composants au cours du fonctionnement normal, ce qui inclut les conditions de fonctionnement en régime permanent et les transitoires correspondants au démarrage et au passage à l'arrêt de la tranche.

2) Situations perturbées (ou situations de catégorie 2)

Les situations perturbées correspondent à des situations auxquelles peuvent être exposés les composants durant les transitoires dus à des incidents de fonctionnement normal, tels un arrêt automatique du réacteur, un déclenchement de pompe alimentaire ou de pompe primaire, une perte totale des alimentations électriques externes court terme, une perte du vide au condenseur, ou une défaillance d'un composant du système de régulation.

3) Situations exceptionnelles (ou situations de catégorie 3)

Les situations exceptionnelles correspondent à des situations auxquelles peuvent être exposés les composants en cas d'incidents dont la probabilité d'occurrence est faible, mais qui doivent cependant être pris en compte. Ces situations peuvent résulter de la défaillance d'une ou de plusieurs fonctions indépendantes du réacteur et de son système de contrôle.

4) Situations hautement improbables (ou situations de catégorie 4)

Les situations de catégorie 4 correspondent à des situations qui, bien que hautement improbables, sont envisagées, et dont les conséquences sur la tenue mécanique des composants sont étudiées.

Bien que les catégories des situations définies dans le RCC-M (voir sous-chapitre 1.6) ne concernent que les événements initiateurs uniques (conditions de fonctionnement PCC) et excluent les séquences d'événements multiples, les séquences d'événements multiples dont la probabilité d'occurrence est proche de celle des accidents dimensionnants PCC4 (conditions de fonctionnement RRC-A), sont toutefois traitées au titre des situations hautement improbables. Des situations spécifiques RRC-A sont ajoutées à la liste des situations issues des PCC lorsque la condition de fonctionnement RRC-A n'est pas couverte par une situation existante du point de vue conséquences mécaniques.

5) Régimes d'essais

Les situations d'essais correspondent aux essais prévus sur le composant durant le fonctionnement normal (essais de démarrage et périodiques), à l'exception des épreuves hydrauliques.

6) Épreuves hydrauliques

Les épreuves hydrauliques sont de 3 types :

- les épreuves hydrauliques individuelles avant installation,
- les épreuves hydrauliques d'ensemble avant la première exploitation,
- les épreuves hydrauliques périodiques.

Exigences spécifiques à la catégorie 2

Conformément à l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié, pour les situations de catégorie 2, qui correspondent aux situations pour lesquelles les équipements des systèmes requis en fonctionnement normal sont conçus :

- une analyse à la fatigue doit être réalisée pour tous les équipements, lorsque leur fréquence d'utilisation le justifie, conformément au RCC-M (voir sous-chapitre 1.6),
- la pression dans les équipements doit être limitée à la pression maximale admissible (PS) qui correspond à la pression de calcul des équipements, un dépassement de courte durée étant admis, comme défini au paragraphe 2.11.2 de l'annexe 1 de la Directive 2014/68/UE du 15 mai 2014,
- la démonstration du respect des exigences essentielles de sécurité dans ces situations fait l'objet d'un examen de conformité (article 6 de l'arrêté du 30 décembre 2015).

Analyse à la fatigue

L'analyse à la fatigue de l'ensemble des équipements est requise, pour les situations de catégorie 2 uniquement. Elle concerne, en particulier, les équipements des CPP et CSP. Afin de garantir le haut niveau d'intégrité requis pour ces composants, les situations sélectionnées pour l'étude de fatigue des matériels sont basées sur une estimation conservatrice de l'amplitude et de la fréquence des transitoires de température et de pression pouvant se produire au cours de l'exploitation de la tranche. Dans une large mesure, les situations spécifiques devant être pris en compte dans le cadre des études de fatigue des matériels sont basées sur l'analyse et le retour d'expérience. Les situations sélectionnées peuvent avoir des conséquences suffisamment

importantes ou sont suffisamment fréquentes pour être susceptibles d'affecter le comportement cyclique des composants. Les situations sélectionnées peuvent être considérées comme étant une représentation conservatrice de situations qui, utilisées comme base d'étude de la fatigue des composants, permettent de garantir que le composant est adapté à l'utilisation qui en est faite au cours de la vie de la tranche.

Les situations de fonctionnement prises en compte dans le cadre des études de fatigue des équipements CPP et CSP sont indiqués dans les tableaux [TAB-3.6.1.1.1](#) et [TAB-3.6.1.1.2](#).

Les termes suivants sont également utilisés dans le cadre de la définition des situations de fonctionnement :

- « Condition de charge thermohydraulique », plutôt que situation de fonctionnement,
- « Component Condition Category » (catégorie de situation de fonctionnement), plutôt que "Catégorie", dont l'abréviation est CCC (par exemple, CCC2 se réfère à la catégorie 2). Cette formulation permet de différencier facilement un transitoire thermohydraulique défini dans le cadre de la conception mécanique d'un composant, qui est un transitoire CCC, d'un transitoire thermohydraulique défini dans le cadre de l'évaluation de la sûreté de la tranche (au regard des rejets radiologiques et critères associés), qui est une condition de fonctionnement PCC du chapitre 15 ou une condition de fonctionnement RRC-A ou Accident Grave du chapitre 19 :
- « Situation de fonctionnement » pour l'aspect mécanique,
- « Condition de fonctionnement » pour l'aspect sûreté.

En effet, pour un événement initiateur donné, les transitoires thermohydrauliques diffèrent selon que l'on s'adresse à la conception mécanique ou à la protection du cœur. Par exemple : majoration de la pression pour la justification de la tenue mécanique, et minoration de la pression pour le risque de perte d'intégrité des crayons combustibles par bas RFTC.

Chaque condition PCC ou RRC-A peut être associée à au moins une situation de fonctionnement CPP/CSP dont le transitoire thermohydraulique est enveloppe du transitoire post-accidentel vis-à-vis des conséquences mécaniques sur le CPP/CSP.

Les situations vues par les équipements en Accident Grave seront définies au cas par cas pour les équipements alors concernés par un mode de fonctionnement non enveloppé par les situations des catégories 1 à 4. Elles sont abordées dans le sous-chapitre 19.2 du Rapport de Sûreté.

1.2. CIRCUITS AUXILIAIRES ET DE SAUVEGARDES

Les situations de fonctionnement des circuits auxiliaires et de sauvegarde sont définies en cohérence avec la liste des situations CPP/CSP (celles pour lesquelles ces systèmes sont sollicités ainsi que celles qui peuvent avoir un effet sollicitant) et de façon à envelopper les transitoires de fonctionnement du système auxiliaire ou de sauvegarde considéré, compte tenu de ses performances requises en conditions normale et accidentelle de la tranche.

Pour les systèmes qui ne sont pas utilisés en fonctionnement normal de la chaudière (cas des systèmes de sauvegarde), les critères de conception applicables sont ceux qui correspondent à la catégorie de la situation de fonctionnement de la chaudière pour laquelle les fonctions de sûreté qu'ils assurent sont requises ainsi qu'aux objectifs fonctionnels de leurs équipements pour la réalisation de ces fonctions de sûreté (paragraphe 5 de la section 3.6.1.2).

2. SITUATIONS D'EXPLOITATION NORMALE (CCC2)

- 1) démarrage de la tranche de l'arrêt à froid à l'arrêt à chaud (T1),
- 2) arrêt complet de la tranche de l'arrêt à chaud à l'arrêt à froid (T2),
- 3) mise en service et arrêt partiels de la tranche entre l'arrêt à froid et 120°C sur les GV (T3),
- 4) arrêt et démarrage partiels de la tranche entre la pleine puissance et 110°C sur les GV (T4),
- 5) rampe de charge de 100% à 0%PN avec un gradient de 5%PN/min et retour (T5),
- 6) variations de puissance programmées – Suivi de charge quotidien (T6),

- 7) télé réglage / réglages primaire et secondaire de fréquence (T7),
- 8) variations de puissance non programmées / d'urgence (T8),
- 9) fluctuations non programmées / intempestives en arrêt à chaud et à faible charge (T9),
- 10) réduction de puissance partielle du réacteur (T10),
- 11) passage de 100%PN en cycle naturel à la puissance maximale en fin de prolongation de cycle (T11A),
- 12) retour à l'arrêt à chaud après une exploitation en prolongation de cycle (T11B).

2.1. DÉMARRAGE DE LA TRANCHE DE L'ARRÊT À FROID À L'ARRÊT À CHAUD (T1)

□

L'état initial correspond à l'arrêt à froid □.

Suite au passage en monophasique, la pression primaire est augmentée via le RCV, l'éventage étant acquis, afin notamment de permettre la mise en service des pompes primaires. Ces dernières sont alors démarrées et chauffent le circuit primaire. Le PZR est chauffé parallèlement avec le même gradient, par l'action combinée des chaufferettes et du plein débit d'aspersion qui homogénéise les températures entre le CPP et le PZR.

Entre 90°C et 120°C, un palier en température est effectué pour le circuit primaire afin de réaliser les tests de chimie permettant la poursuite du chauffage. Si les conditions chimiques sont remplies, la bulle peut être formée. Le PZR est alors chauffé pour atteindre les conditions de saturation permettant la formation de la bulle, le CPP étant maintenu à température constante.

Une fois la bulle formée, la dernière phase du transitoire est la montée en température de la tranche jusqu'à l'arrêt à chaud.

Le gradient de chauffe du primaire peut atteindre un maximum de 40°C/h sur la phase de montée en température, tant que la capacité de chauffe par le cœur et les GMPP le permet. □

2.2. ARRÊT COMPLET DE LA TRANCHE DE L'ARRÊT À CHAUD À L'ARRÊT À FROID (T2)

□

Cette situation englobe toutes les opérations normales précédant le rechargement (T2A, □) ou la maintenance (T2B, □) lors d'un arrêt complet de la tranche. En fonctionnement normal, la tranche est refroidie de l'arrêt à chaud à l'arrêt à froid.

A partir de l'arrêt à chaud, le circuit primaire est automatiquement refroidi et dépressurisé jusqu'à ce que les conditions de connexion du RRA soient atteintes □

Après la connexion du RRA, le circuit primaire est refroidi en mode RRA jusqu'aux conditions d'arrêt à froid (température du primaire inférieure à 55° C □), tandis que la pression du pressuriseur est maintenue à environ 25,5 bar abs afin que les GMPP continuent de fonctionner. Lorsque la température du fluide primaire passe au-dessous de 120°C, deux GMPP sont déclenchés, le troisième est arrêté à 70°C. Le dernier GMPP est maintenu en fonctionnement afin de conserver l'aspersion normale en service jusqu'à la fin du refroidissement du pressuriseur.

Lors du refroidissement du primaire de 120° C à 55° C, le niveau d'eau dans le pressuriseur est augmenté automatiquement par le RCV tandis que l'aspersion normale maintient une pression constante dans le pressuriseur. Lorsque les conditions d'arrêt à froid sont atteintes et que le pressuriseur est presque plein, la régulation de la pression est transférée sur les vannes de décharge RCV.

La dernière pompe primaire est ensuite arrêtée, l'azote est injecté dans le pressuriseur et la vidange du circuit primaire commence. La vidange du pressuriseur ne sera réalisée que pour atteindre le niveau $\frac{3}{4}$ de la boucle. A ce stade, la pression primaire est d'environ 1 bar.

L'état final correspond à l'arrêt à froid, la température du circuit primaire valant soit \square (couvercle de cuve ouvert, arrêt long pour rechargement (T2A)), soit \square (couvercle de cuve fermé, arrêt court pour une intervention de maintenance (T2B)).

Tant que le GCT et le RRA le permettent, le gradient de refroidissement du primaire pris en compte est de 50°C/h.

2.3. MISE EN SERVICE ET ARRÊT PARTIELS DE LA TRANCHE ENTRE L'ARRÊT À FROID ET 120°C SUR LES GV (T3)

\square

Ces transitoires consistent en un chauffage ou un refroidissement partiel du primaire entre l'arrêt à froid et 120°C sur GV.

- T3A : mise en service partielle de la tranche entre l'arrêt à froid et 120°C sur les GV \square
Cette situation (présentée dans la spécification de conception des situations pour prendre en compte le retour d'expérience des centrales existantes) couvre le chauffage de la tranche interrompu à un niveau de température quelconque entre l'arrêt à froid et 120°C sur les GV (RRA déconnecté) pour quelque raison que ce soit.
- T3B : arrêt partiel de la tranche entre 120°C sur les GV et l'arrêt à froid \square
Cette situation (présentée dans la spécification de conception des situations pour prendre en compte le retour d'expérience des centrales existantes) couvre le retour en arrêt à froid de la tranche débutant à un niveau de température quelconque entre 120°C sur les GV (RRA déconnecté) et l'arrêt à froid pour quelque raison que ce soit.

2.4. ARRÊT ET DÉMARRAGE PARTIELS DE LA TRANCHE ENTRE LA PLEINE PUISSANCE ET 110°C SUR LES GV (T4)

\square

- T4A : arrêt partiel de la tranche entre la pleine puissance et 110°C sur les GV \square
Ce transitoire (présenté dans la spécification de conception des situations pour prendre en compte le retour d'expérience des centrales existantes) concerne une variation continue de puissance de la pleine puissance (100%PN) jusqu'à 0%PN, suivie d'un refroidissement du fluide primaire jusqu'à l'état d'arrêt intermédiaire à 110°C sur les GV.
Lorsque la température atteint 110°C, le système RRA n'est pas connecté, mais est en attente, prêt à une connexion sur demande.
- T4B1 : Démarrage partiel de la tranche entre 110°C sur les GV et la pleine puissance, avec déconditionnement des lignes ARE sous 50°C \square .
- T4B2 : Démarrage partiel de la tranche entre 110°C sur les GV et la pleine puissance, avec déconditionnement des lignes ARE supérieur à 50°C \square .
Les deux transitoires T4B1 et T4B2 (présentés dans la spécification de conception des situations pour prendre en compte le retour d'expérience des centrales existantes) concernent un chauffage du circuit primaire de l'état d'arrêt intermédiaire à 110°C sur les GV jusqu'à l'arrêt à chaud, suivi d'une variation continue de la puissance de 0%PN à 100%PN.

2.5. RAMPES DE CHARGE DE 100% À 0%PN AVEC UN GRADIENT DE 5%PN/MIN ET RETOUR (T5)

\square

Ces transitoires couvrent les rampes de charge entre le fonctionnement en puissance et l'arrêt à chaud au cours des phases automatiques et manuelles à faible charge (le cas échéant), sauf le

transitoire de suivi de charge. Le fonctionnement en cycle naturel (T5A (□, rampe de charge de 100% PN à 0%PN) et T5B (□, rampe de charge de 0%PN à 100%PN)) et le fonctionnement en prolongation de cycle (TS5A (□, rampe de charge de 100%PN à 0%PN) et TS5B (□, rampe de charge de 0%PN à 100%PN)) sont pris en compte.

De façon conservative, afin de conserver une marge confortable pour l'exploitation de la tranche, un gradient de puissance maximal de 5%PN/min est considéré pour ces transitoires entre 0% et 100% PN.

2.6. VARIATIONS DE PUISSANCE PROGRAMMÉES - SUIVI DE CHARGE QUOTIDIEN (T6)

□

Les transitoires induits par le suivi de charge quotidien consistent en des rampes de puissance de diverses amplitudes, comprises entre 100%PN et 25%PN :

□

2.7. TÉLÉRÉGLAGE / RÉGLAGES PRIMAIRE ET SECONDAIRE DE FRÉQUENCE (T7)

□

Le réglage primaire de fréquence est toujours actif. La gamme normale de variations de puissance induites par ce contrôle est comprise entre $\pm 2,5\%$ PN et $\pm 7\%$ PN, sans jamais dépasser 100%PN. Les demandes de montée en puissance sont automatiquement interrompues lorsque la puissance nominale est atteinte.

Pour le CPP, le fonctionnement en cycle naturel (T7A□) et le fonctionnement en prolongation de cycle (TS7A□) sont pris en compte.

Pour le CSP, le réglage de fréquence primaire en cycle naturel (T7A1□) et en prolongation de cycle (TS7A□) sont pris en compte. De plus □ sont considérées pour les tests de surveillance des pompes ASG en puissance.

Le télé réglage, ou réglage secondaire de fréquence, est actif pendant plus de 95% du cycle naturel. Il implique des rampes de puissance d'une amplitude maximale de $\pm 12,5\%$ PN avec un gradient maximal de puissance de $\pm 2\%$ PN/min (T7B□). La gamme normale de variations de puissance de cette amplitude se situe entre 60% PN et 100% PN, domaine dans lequel la température primaire moyenne est maintenue constante.

2.8. VARIATIONS DE PUISSANCE NON PROGRAMMÉES / D'URGENCE (T8)

□

En cas de perturbations importantes du réseau, la tranche doit pouvoir réaliser des variations de puissance rapides afin de stabiliser le réseau. □

□

2.9. FLUCTUATIONS NON PROGRAMMÉES / INTEMPESTIVES EN ARRÊT À CHAUD ET À FAIBLE CHARGE (T9)

□

Ce transitoire est défini comme un ensemble de fluctuations de température et de pression dans les conditions d'arrêt à chaud. Il couvre tous les types de fluctuations non programmées de faible amplitude en arrêt à chaud, en attente à chaud, et à faible charge ($P_u < 10\%$ PN).

Ces fluctuations de température et de pression peuvent être simultanées ou non. □

Pour le CSP, deux types de situations sont prises en compte :

- fluctuations non programmées de faible amplitude en arrêt à chaud, en attente à chaud et à faible charge (T9A[]),
- démarrage du VDA en arrêt à chaud réalisés avant la première exploitation de la tranche (T9B[]).

2.10. RÉDUCTION DE PUISSANCE PARTIELLE DU RÉACTEUR (T10)

[]

Ce transitoire s'applique à une diminution progressive de la charge de la turbine par le déclenchement partiel du réacteur.

Deux types de situations sont pris en compte :

- réduction de la charge de la turbine de la pleine puissance à 45%PN pour des raisons autre qu'un îlotage : Le fonctionnement en cycle naturel (T10A[]) et le fonctionnement en prolongation de cycle (TS10A[]) sont pris en compte pour ce cas.
- réduction de puissance de la pleine puissance à 25%PN, conséquence d'un îlotage réussi (T10B[]) : Cette situation inclut les essais d'îlotage réussi.

Le chauffage initial du primaire dû à la perte du débit vapeur à la turbine est limitée par le déclenchement partiel qui réduit la puissance du réacteur à un niveau de puissance de 45%PN (pour des raisons autre qu'un îlotage) ou 25% PN (en cas d'îlotage). Le système de régulation de température moyenne stabilise ensuite la tranche au niveau de puissance visé.

Pour les situations d'îlotage réussi, la tranche est soit stabilisée à 25%PN (T10B), soit passée en arrêt à chaud (T10C[]), ou amenée en arrêt à froid (T10D[]), en fonction de l'initiateur du transitoire.

2.11. PASSAGE DE 100% PN EN CYCLE NATUREL À LA PUISSANCE MAXIMALE EN FIN DE PROLONGATION DE CYCLE (T11A)

[]

Ce transitoire décrit le passage d'un fonctionnement en cycle naturel à un fonctionnement en prolongation de cycle, s'accompagnant d'une très lente baisse de température primaire, pression primaire et pression secondaire.

2.12. RETOUR À L'ARRÊT À CHAUD APRÈS UNE EXPLOITATION EN PROLONGATION DE CYCLE (T11B)

[]

Ce transitoire décrit le retour de l'arrêt à chaud après exploitation en prolongation de cycle, à l'arrêt à chaud en fonctionnement normal.

3. SITUATIONS PERTURBÉES (CCC2)

- 1) arrêt automatique ou manuel du réacteur (T12),
- 2) déclenchement de la turbine (T13),
- 3) perte totale des alimentations électriques externes avec échec de l'îlotage [],
- 4) perte d'eau alimentaire normale (T15),
- 5) dépressurisation intempestive du primaire (T16),
- 6) augmentation excessive du débit vapeur (refroidissement excessif du secondaire) (T17),

- 7) surdébit d'eau alimentaire en arrêt à chaud (T18),
- 8) dépressurisation importante du secondaire (T19),
- 9) fluctuations non programmées de température et/ou de pression entre les arrêts à chaud et à froid (T20),
- 10) pression maximale des GV avec circuit primaire ouvert (T21),
- 11) surpression secondaire (T22).

3.1. ARRÊT AUTOMATIQUE OU MANUEL DU RÉACTEUR (T12)

□

Ce transitoire couvre les arrêts manuels ou intempestifs, ou les arrêts automatiques dus à des perturbations mineures telles que des défaillances de la régulation de l'eau alimentaire ou des anomalies de réactivité, qui n'entraînent pas de fluctuations importantes de la pression et de la température avant l'arrêt automatique.

Pour le CPP, le fonctionnement en cycle naturel (T12A□) et le fonctionnement en prolongation de cycle (TS12A□) sont pris en compte.

Pour le CSP :

- □arrêts automatiques ou manuels du réacteur sur un signal de protection autre que « haut niveau GV » (T12A1),
- □arrêts automatiques ou manuels du réacteur sur un signal de « haut niveau GV » (T12A2),
- □arrêts automatiques ou manuels du réacteur en prolongation de cycle (TS12A).

Seule une partie de l'ensemble des Arrêts Automatiques du Réacteur entraîne le passage obligatoire de la tranche en arrêt à froid (T12B□). Dans les autres cas, le réacteur est stabilisé en arrêt à chaud.

3.2. DÉCLENCHEMENT DE LA TURBINE (T13)

□

Ce transitoire est provoqué par un déclenchement de la turbine, avec indisponibilité du poste GCT. L'indisponibilité du poste GCT considérée est une hypothèse conservative. Cela conduit à un échauffement et une surpression des GV et du circuit primaire.

L'échauffement initial et la surpression du circuit primaire et des GV sont limités par :

- l'AAR sur un signal de « haute pression GV » ou de « très haute pression pressuriseur »,
- l'aspersion normale du pressuriseur côté primaire,
- l'ouverture des vannes VDA côté secondaire.

La tranche est stabilisée en arrêt à chaud.

3.3. PERTE TOTALE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES EXTERNES AVEC ÉCHEC DE L'ÎLOTAGE □ (T14)

□

Ce transitoire est représentatif d'un mode d'alimentation électrique de secours à court terme (i.e. d'une durée inférieure à □) avec échec de l'îlotage.

Le transitoire est défini comme la perte des alimentations électriques externes avec échec de l'îlotage, entraînant l'arrêt simultané des 4 GMPP et du débit d'eau alimentaire normale dans les GV. Cela

provoque un échauffement et une surpression du circuit primaire et des GV. L'AAR est activé sur un signal de « basse vitesse des pompes primaires ».

Les sources électriques externes étant récupérées avant □, la tranche est stabilisée en arrêt à chaud.

3.4. PERTE DE L'EAU ALIMENTAIRE NORMALE (T15)

□

Ce transitoire est initié par une perte de l'ARE qui n'est pas due à une perte totale des alimentations électriques externes. Cela provoque une baisse du niveau des GV. Les GMPP sont toujours en fonctionnement étant donné que les sources électriques externes ne sont pas perdues. Un Arrêt Automatique du Réacteur est activé sur un signal de « bas niveau GV ». L'ASG est activée au cours du transitoire sur signal de « très bas niveau GV ».

La tranche est stabilisée en arrêt à chaud.

3.5. DÉPRESSURISATION INTEMPESTIVE DU PRIMAIRE (T16)

□

Ce transitoire couvre les transitoires conduisant à une dépressurisation importante et intempestive du circuit primaire, due à une défaillance de la commande des vannes d'aspersion du pressuriseur ou au blocage mécanique d'une des vannes d'aspersion, entraînant l'ouverture intempestive d'une ou de toutes les vannes.

Ce type d'initiateur provoque une dépressurisation importante du primaire jusqu'à ce que le signal d'AAR par « basse pression pressuriseur », voire le signal d'IS par « très basse pression pressuriseur » soient successivement atteints. En cas de signal d'IS, le refroidissement partiel au secondaire est activé. Les pompes IS injectent dans le circuit primaire dès que la pression de refoulement des pompes ISMP est atteinte.

L'opérateur intervient et conduit la tranche en arrêt à chaud.

3.6. AUGMENTATION EXCESSIVE DU DÉBIT VAPEUR (REFROIDISSEMENT EXCESSIF DU SECONDAIRE) (T17)

□

Ce transitoire est enveloppé par l'activation intempestive du signal d'IS, entraînant le démarrage du refroidissement partiel du côté secondaire.

L'activation du signal d'IS entraîne un Arrêt Automatique du Réacteur ainsi qu'un refroidissement excessif des GV par l'intermédiaire du GCT avec un gradient de -250°C/h .

Du côté primaire, la chute de la température est due à l'AAR et au refroidissement partiel du côté secondaire.

Le réacteur est conduit manuellement en arrêt à chaud.

3.7. SURDÉBIT D'EAU ALIMENTAIRE EN ARRÊT À CHAUD (T18)

□

Ce transitoire couvre les refroidissements excessifs du primaire et des GV dans les conditions d'arrêt à chaud. Il couvre également les cas de l'ouverture complète d'une vanne réglante très petit débit ARE dans les conditions d'arrêt à chaud.

Pour le CPP, un seul initiateur est pris en compte : ouverture complète d'une vanne réglante petit débit ARE dans un GV (T18□). Cette situation couvre également les cas de démarrage intempestif de l'ASG dans les conditions d'arrêt.

Pour le CSP, deux variantes sont présentées :

- T18A : ouverture complète d'une vanne réglante petit débit ARE dans un GV,
- T18B : démarrage intempestif de l'ASG dans un GV.

□

Dans les cas précédemment listés (cas CPP et CSP), on suppose l'ouverture complète en arrêt à chaud d'une vanne réglante petit débit ARE dans un GV. Ceci entraîne un refroidissement excessif du GV et de la boucle primaire associée. Un signal d'AAR est déclenché sur signal de « haut niveau GV ». L'alimentation ARE à travers la ligne de petit débit dans le GV affecté est ensuite automatiquement isolée sur un signal de « haut niveau GV ». L'ASG pourrait être activé lors de la phase long terme. La mise en service de l'ASG devrait être évitée par un redémarrage manuel de l'alimentation ARE (via la pompe AAD et la ligne très petit débit ARE) avant d'atteindre le signal de « très bas niveau GV ».

La tranche atteint un état stabilisé et est amenée manuellement en arrêt à chaud.

3.8. DÉPRESSURISATION IMPORTANTE DU SECONDAIRE (DIFFÉRENCE DE PRESSION MAXIMALE ENTRE PRIMAIRE ET SECONDAIRE) (T19)

□

Ce transitoire, dimensionnant pour la plaque de support des tubes GV, couvre les incidents de la tranche conduisant à des différences de pression maximales□ entre les circuits primaire et secondaire.

Ce transitoire est construit en supposant une perte des alimentations électriques externes à court terme □ entraînant l'arrêt simultané des 4 GMPP et de l'alimentation normale en eau des GV. Suite au déclenchement turbine, provoqué par un AAR sur « basse vitesse des GMPP », le GCT s'ouvre rapidement pour ramener la pression à sa valeur de consigne. Lors de la fermeture des vannes GCT, la défaillance d'une vanne est considérée, restant ainsi ouverte. La pression GV décroît alors jusqu'à □ bar abs, seuil de fermeture automatique des vannes d'isolement vapeur.

3.9. FLUCTUATIONS NON PROGRAMMÉES DE TEMPÉRATURE ET/OU DE PRESSION ENTRE LES ARRÊTS À CHAUD ET À FROID (T20)

□

Ces transitoires couvrent toutes les fluctuations de température et/ou de pression normales et incidentelles entre les arrêts à chaud et à froid. Ces fluctuations de température et de pression peuvent être simultanées ou non, prévues ou non.

Deux types de fluctuations sont considérés :

- situations T20A/T20B : fluctuations de faible amplitude de température ou de pression mais de fréquence élevée qui correspondent à des dysfonctionnements de système de régulation ou d'une opération manuelle. □
- situations T20E : fluctuations de grande amplitude de température et/ou de pression qui correspondent à des situations perturbées mais moins fréquentes. □

L'opérateur amène ensuite la tranche aux conditions initiales.

Les situations T20A/T20B peuvent être occasionnées par :

- le démarrage ou arrêt des GMPP dans les conditions normales,
- la régulation de température primaire,
- la régulation de niveau ou de pression du pressuriseur,
- la régulation des niveaux GV.

Les situations T20E peuvent être occasionnées par :

- un incident pendant les essais de manœuvrabilité des soupapes de sûreté du pressuriseur,
- l'ouverture intempestive d'une vanne GCT,
- un signal d'IS intempestif,
- la mise en route ou l'arrêt des circuits auxiliaires au cours du démarrage et de l'arrêt de la tranche (RCV, RRA, aspersion normale, aspersion auxiliaire).

□

Pour le CSP :

- Les situations T20B ne sont pas considérées car elles n'induisent pas de variations significatives sur les paramètres secondaires,
- Les GV n'étant pas mis à contribution en dessous de 80°C au primaire, une partie seulement des situations T20A □ est prise en compte,
- Enfin, □ occurrences sont considérées pour les situations T20E.

3.10. PRESSION MAXIMALE DES GV AVEC CIRCUIT PRIMAIRE OUVERT (T21)

□

Ce transitoire était défini à l'origine pour l'essai d'étanchéité entre GV et circuit primaire, le primaire étant ouvert à l'arrêt à froid. Les essais d'étanchéité du secondaire sont désormais réalisés avec de l'hélium à basse pression. Toutefois, ce transitoire est conservé afin de couvrir des événements exceptionnels.

L'essai est effectué en pressurant les GV jusqu'à 47 bar abs à une vitesse de 4 bar/min, atteignant la pression différentielle de calcul secondaire/primaire de 46 bar tout en gardant les températures et pressions du primaire constantes dans des conditions de l'arrêt à froid. Après un état intermédiaire au cours duquel la pression du GV reste constante, l'essai est effectué dans l'autre sens (dépressurisation des GV jusqu'à la valeur de 1 bar abs avec une vitesse de 4 bar/min).

3.11. SURPRESSION SECONDAIRE (T22)

□

La situation retenue est une perte de vide au condenseur provoquant le déclenchement de la turbine, puis une indisponibilité retardée du poste GCT. Ceci conduit à un échauffement et une surpression des GV et du primaire, même si l'arrêt automatique partiel est active. Les pompes primaires sont en fonctionnement. L'arrêt automatique du réacteur est activé sur signal de « secondaire indisponible » après le déclenchement de la turbine.

Le réacteur est ensuite stabilisé à l'arrêt à chaud.

Cette situation est enveloppe des situations de surpression secondaire de 2^{ème} catégorie.

4. SITUATIONS PARTICULIÈRES A CERTAINES ENCEINTES

Cette partie de la liste des situations définit les transitoires particuliers de conception de certaines enceintes sous pression du circuit primaire principal et du circuit secondaire principal. Ces transitoires sont provoqués par exemple par le fonctionnement normal des circuits auxiliaires reliés au circuit primaire principal et au circuit secondaire principal, par la mise en service et/ou l'arrêt d'organes de régulation ou de protection.

Lorsque les circuits auxiliaires sont en fonctionnement normal, les enceintes particulières peuvent être divisées en deux catégories :

- enceinte particulière dite « entrante » lorsqu'elle apporte un fluide d'un circuit auxiliaire au circuit primaire ou à la partie secondaire d'un GV : En plus des transitoires propres au circuit primaire principal ou au circuit secondaire principal, l'enceinte particulière subit les transitoires liés au système auxiliaire.
- enceinte particulière dite « sortante » lorsqu'elle prélève du fluide du circuit primaire ou de la partie secondaire d'un GV à destination d'un circuit auxiliaire : Tant qu'elle est débitante, l'enceinte particulière associée ne subit que les transitoires propres au circuit primaire principal ou au circuit secondaire principal.

Lorsque les circuits auxiliaires sont à l'arrêt, les enceintes particulières sont isolées du circuit primaire principal ou du circuit secondaire principal (premier et/ou deuxième organe d'isolement fermé) et sont en configuration de « bras mort ». Les tuyauteries des systèmes auxiliaires comprises entre le piquage sur le circuit primaire principal ou sur le circuit secondaire principal et l'organe d'isolement subissent les mêmes transitoires que le circuit primaire principal ou que le circuit secondaire principal. Ces lignes peuvent également être le siège de phénomènes thermo-hydrauliques locaux (vortex, boucles de convection naturelle).

4.1. SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CPP

Les situations particulières à certaines enceintes du CPP sont listées dans le tableau [TAB-3.6.1.1.5](#)

4.1.1. RIS-RA Branche Froide

Les situations considérées sont applicables de la connexion des lignes RIS-RA BF sur le circuit primaire jusqu'aux deuxièmes organes d'isolement de ces lignes.

Lorsqu'elles ne débitent pas les lignes connectées aux lignes RIS-RA BF (lignes d'injection RBS, lignes de refoulement ISMP, lignes de refoulement ISBP, lignes d'injection des accumulateurs RIS, lignes de refoulement du RRA) voient les mêmes transitoires en pression et, de manière enveloppe, en température que le tronçon inter-organes d'isolement.

Lorsqu'il y a mise en service de l'injection de sécurité (pompes ISBP et ISMP, accumulateurs) ou du circuit RRA, la température du fluide au niveau du piquage dépend de celle du fluide du circuit d'injection de sécurité ou du circuit RRA correspondant soit aux accumulateurs, soit au circuit d'injection des pompes, soit au circuit RRA.

4.1.2. RIS-RA Branche Chaude

Les situations considérées sont applicables de la connexion des lignes RIS-RA BC sur le circuit primaire jusqu'aux deuxièmes organes d'isolement de ces lignes.

Sur chaque train RIS-RA, la ligne d'aspiration du RIS-RA est connectée en branche chaude du circuit primaire. Cette ligne sert aussi de ligne d'injection branche chaude dans une configuration d'injection de sécurité simultanée branche froide / branche chaude (en cas de grosses brèches primaires).

4.1.3. Ligne RCP d'injection aux joints n°1

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1* de la ligne d'injection au niveau des joints N°1 des pompes primaires.

4.1.4. Lignes RCP dédiées aux accidents graves et au gavé ouvert

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1 des lignes dédiées aux accidents graves et des lignes dédiées au gavé/ouvert.

4.1.5. Ligne RCP de refroidissement du dôme du pressuriseur

La ligne de refroidissement du dôme du pressuriseur est munie de deux vannes d'isolement fermées en fonctionnement normal. Ces vannes sont ouvertes lors de l'arrêt de la tranche afin de refroidir le PZR en monophasique ou lors du démarrage de la tranche afin de permettre l'homogénéisation chimique du PZR.

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1* jusqu'au 2^e organe d'isolement de la ligne de refroidissement du dôme du pressuriseur.

4.1.6. Ligne RCP d'éventage du pressuriseur vers la pompe à vide du RPE et vers le système SGN

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1 de la liaison vers la pompe à vide du RPE et vers le SGN.

4.1.7. Ligne RCP de dégazage du pressuriseur vers le RPE

Les situations considérées sont applicables sur les parties N1 et N1* de la ligne de dégazage du pressuriseur vers le réservoir RPE des effluents primaires.

4.1.8. Ligne RCP de fuite du joint de cuve

Les situations considérées sont applicables sur les parties N1 et N1* jusqu'au 2^e organe d'isolement de la ligne de fuite joint cuve.

4.1.9. RCV charge et décharge

Les situations considérées sont applicables de la connexion des lignes RCV charge/décharge sur le circuit primaire jusqu'aux deuxièmes organes d'isolement de ces lignes.

Les transitoires pris en compte pour la conception du piquage de la ligne de charge et de décharge du RCV regroupent :

- les situations d'exploitation normale et situations perturbées vues par le CPP,
- les transitoires spécifiques au fonctionnement du RCV : Ces derniers transitoires peuvent être la conséquence de variations de débits dans la ligne de charge ou de décharge ou de variations de température sur une de ces 2 lignes à l'amont de l'échangeur.

4.2. SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CSP

Les situations particulières à certaines enceintes du CSP sont listées dans le tableau [TAB-3.6.1.1.6](#).

4.2.1. Lignes principales ARE

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1 des lignes d'injection ARE, depuis le point fixe en amont de la vanne d'isolement principale (à l'extérieur de l'enceinte) jusqu'au GV.

4.2.2. Lignes vapeur principales VVP

Les situations considérées pour les lignes VVP sont applicables sur :

- la partie N1 de la ligne principale, depuis la sortie GV jusqu'au point fixe en aval de la vanne vapeur principale,

- la partie N1 des lignes de décharge VVP, depuis la ligne principale jusqu'aux soupapes,
- la partie N1* du bypass de la vanne vapeur principale jusqu'aux premiers organes d'isolement.

4.2.3. Lignes de décharge vapeur VDA

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1 du système VDA, depuis le piquage sur la ligne vapeur principale jusqu'à la vanne réglante □.

4.2.4. Lignes ASG

Les situations considérées sont applicables sur la partie N1* des lignes d'injection ASG, depuis la vanne d'isolement principale (à l'extérieur de l'enceinte) jusqu'au GV.

5. SITUATIONS D'ESSAIS

Les situations d'essais sont prises en compte dans les situations normales et perturbées. Le tableau [TAB-3.6.1.1.3](#) liste les situations d'essais qui font l'objet d'une situation dédiée dans la liste des situations de 2^{ème} catégorie du CPP/CSP. Seules deux situations sont concernées : l'essai de démarrage de l'ASG dans des GV pressurisés (TTS ASG) et l'essai de démarrage VDA en AAC (la situation 9B décrite dans le [§ 2.9.](#)). Les situations normales et perturbées CPP/CSP de l'EPR couvrent toutes les autres situations d'essais de démarrage et périodiques du point de vue des descriptions thermohydrauliques et des nombres d'occurrences.

5.1. ESSAI DE DÉMARRAGE VDA EN AAC

Voir situation 9B décrite dans le [§ 2.9.](#)

5.2. ESSAIS DE DÉMARRAGE ASG DANS DES GV PRESSURISÉS (TTS ASG)

□

Cette situation est introduite dans la spécification de conception des situations pour prendre en compte l'essai de démarrage de l'ASG dans chaque GV sur la tête de série EPR. Cet essai est réalisé avant la première exploitation de la tranche, lors des essais de démarrage pour vérifier les critères de sûreté concernant le système ASG. Elle couvre le démarrage de l'ASG dans des GV pressurisés en arrêt à chaud.

6. ÉPREUVES HYDRAULIQUES

- 1) épreuves hydrauliques individuelles avant installation,
- 2) épreuves hydrauliques avant la première exploitation,
- 3) épreuves hydrauliques périodiques,
- 4) tests d'étanchéité du circuit primaire.

Les situations d'épreuves hydrauliques sont listées dans le tableau [TAB-3.6.1.1.4](#).

6.1. ÉPREUVES HYDRAULIQUES INDIVIDUELLES AVANT INSTALLATION (EH1)

□

Avant d'être connecté aux autres équipements du circuit primaire principal, chaque composant est soumis à une épreuve hydraulique individuelle.

L'essai est réalisé en augmentant la pression du composant jusqu'à une pression déterminée, pour chaque composant, par application du code RCC-M (voir sous-chapitre 1.6) à température constante.

Après un état intermédiaire où la pression reste constante, le composant est à nouveau dépressurisé jusqu'à 1 bar abs.

6.2. ÉPREUVES HYDRAULIQUES AVANT LA PREMIÈRE EXPLOITATION (EH2) (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)



Ce transitoire définit l'épreuve hydraulique réalisée sur site avant la première exploitation de la tranche, à savoir avant le démarrage de la tranche.

La pression d'épreuve pour le circuit primaire est de 251,3 bar abs (soit 1,43 fois la pression de calcul). Après un état intermédiaire au cours duquel la pression reste constante à 251,3 bar abs, le système est à nouveau dépressurisé jusqu'à 1 bar abs.

La pression d'épreuve pour le circuit secondaire est de 149,5 bar abs (soit 1,5 fois la pression de calcul). Après un état intermédiaire au cours duquel la pression reste constante à 149,5 bar abs, le système est à nouveau dépressurisé jusqu'à 1 bar abs.

Pour les analyses en rupture brutale, la température choisie est la plus pénalisante (35°C – 80°C pour le circuit primaire et 30°C – 80°C pour le secondaire) et est prise constante.

Pour l'étude en fatigue, les variations de températures primaires doivent être considérées.

Le gradient de baisse ou de montée en pression maximal pris en compte est de 4 bar/min pour le circuit primaire. La montée en pression ne se fait pas directement, il existe des arrêts avec des paliers de pression pour réaliser des bilans de fuite. Le gradient de baisse ou de montée en pression maximale est de 7 bar/min pour le circuit secondaire et il n'y a pas de montée avec arrêts et paliers.

6.3. ÉPREUVES HYDRAULIQUES PÉRIODIQUES (EH3) (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)



Les épreuves hydrauliques périodiques sont au moins décennales, conformément à la réglementation des appareils soumis à pression et peuvent également être réalisées en cas d'intervention importante sur la tranche.

La pression d'épreuve pour le circuit primaire est de 211 bar abs (soit 1,2 fois la pression de calcul). L'essai est réalisé coeur non chargé en état monophasique, la température dans le pressuriseur étant la même que le reste du circuit primaire. Après un état intermédiaire où la pression reste constante à 211 bar abs, le système est à nouveau dépressurisé jusqu'à 1 bar abs.

La pression d'épreuve est de 119,8 bar abs (soit 1,2 fois la pression de calcul). Après un état intermédiaire où la pression reste constante à 119,8 bar abs, le système est à nouveau dépressurisé jusqu'à 1 bar abs. Pour les analyses en rupture brutale, la température choisie est la plus pénalisante (60°C – 120°C pour le CPP et 33°C – 80°C pour le CSP) et est prise constante.

Pour l'étude en fatigue, les variations de températures primaires doivent être considérées.

Le gradient de baisse ou de montée en pression pris en compte est de 4bar/min pour le circuit primaire. La montée en pression ne se fait pas directement ; il existe des arrêts avec des paliers de pression pour réaliser des bilans de fuite. Le gradient de baisse ou de montée en pression maximale est de 7 bar/min pour le circuit secondaire et il n'y a pas de montée avec arrêts et paliers.

6.4. TESTS D'ÉTANCHÉITÉ DU CIRCUIT PRIMAIRE (PRESSURISATION ET DÉPRESSURISATION)



Des tests d'étanchéité du circuit primaire sont pris en compte. Ils couvrent les cas d'un test décennal interrompu avant d'atteindre la pression maximum.

Le test consiste en une montée (ou une baisse) en pression du circuit primaire à la vitesse de 4bar/min depuis l'arrêt à froid jusqu'à la pression de calcul de 176 bar abs (ou depuis la pression de calcul jusqu'à l'arrêt à froid).

Pour les analyses en rupture brutale, la température choisie est la plus pénalisante (60°C – 120°C) et est prise constante.

Pour l'étude en fatigue, les variations de températures primaires doivent être considérées

Le gradient de montée ou de baisse de pression pris en compte est de 4bar/min. La montée en pression ne se fait pas directement ; il existe des arrêts avec des paliers de pression pour réaliser des bilans de fuite.

7. SITUATIONS EXCEPTIONNELLES (CCC3)

- 1) fermeture intempestive d'une / de toutes les vannes d'isolement vapeur (T3.1),
- 2) perte totale des alimentations électriques externes long terme sans GCT (mode d'alimentation électrique de secours à long terme) (T3.2),
- 3) déclenchement de la turbine long terme sans GCT (T3.3),
- 4) rupture de tube GV (1 tube) (T3.4),
- 5) petite brèche primaire (T3.5),
- 6) petite brèche secondaire (T3.6),
- 7) ouverture intempestive d'une soupape de sûreté du pressuriseur (T3.7),
- 8) surpression en état d'arrêt à froid de catégorie 3 (T3.8).

7.1. FERMETURE INTEMPESTIVE D'UNE / DE TOUTES LES VANNES D'ISOLEMENT VAPEUR (T3.1)

Le transitoire considéré est la fermeture intempestive de toutes les vannes d'isolement vapeur à pleine puissance. Cette situation couvre la fermeture intempestive d'une vanne d'isolement vapeur et est enveloppe des transitoires de surpressions primaire et secondaire de catégorie 3.

La tranche est considérée initialement à la pleine puissance en fin de prolongation de cycle.

L'Arrêt Automatique du Réacteur est déclenché sur un signal de « très haute pression pressuriseur » ou de « haute pression GV ».

7.2. PERTE TOTALE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES EXTERNES LONG TERME SANS GCT (MODE D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS LONG TERME) (T3.2)

La première étape de ce transitoire est similaire dans sa première phase au transitoire de situation perturbée « Perte totale des alimentations électriques externes avec échec de l'ilotage [] » (voir ci-dessus le § 3.3.), mais avec un passage en arrêt à froid consécutif au non rétablissement des alimentations électriques externes au bout de [].

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur se produit sur signal de « basse vitesse des pompes primaires » après la perte des alimentations électriques externes.

7.3. DÉCLENCHEMENT DE LA TURBINE À LONG TERME SANS GCT (T3.3)

Le transitoire est similaire au transitoire de situation perturbée de « Déclenchement de la turbine » (voir ci-dessus le § 3.2.) à la différence que le GCT n'est pas disponible.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur est déclenché sur un signal de « haute pression GV » ou de « très haute pression pressuriseur ».

7.4. RUPTURE DE TUBE GV (UN TUBE) (T3.4)

Cet accident est postulé comme la rupture doublement débattue dans la branche descendante d'un tube en U.

En cas de RTGV, le fluide primaire se déverse dans le circuit secondaire ce qui induit une diminution de la pression primaire et du niveau pressuriseur. Compte tenu de l'action des systèmes, aucun arrêt automatique du réacteur n'est activé à court terme dans la phase automatique avant l'action opérateur. L'activité dans les lignes vapeurs est détectée rapidement après l'initiateur et l'opérateur effectue un arrêt manuel du réacteur au début de la conduite post-accidentelle. Suite à cet arrêt manuel du réacteur, les actions à long terme sont exécutées manuellement par l'opérateur pour assurer le refroidissement de la centrale jusqu'à l'état d'arrêt à froid.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

7.5. PETITE BRÈCHE PRIMAIRE (T3.5)

Les petits Accidents de Perte de Réfrigérant Primaire faisant partie des situations exceptionnelles sont définis comme des brèches primaires de surface de brèche équivalente inférieure ou égale à 20 cm². Les brèches plus grandes sont considérées comme des situations hautement improbables.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

Après l'ouverture de la brèche, la pression du circuit primaire diminue conduisant à l'Arrêt Automatique du Réacteur sur signal de « basse pression pressuriseur ». Le refroidissement partiel ainsi que l'injection de sécurité sont activés sur signal de « très basse pression pressuriseur ».

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

7.6. PETITE BRÈCHE SECONDAIRE (T3.6)

La rupture de tuyauterie vapeur petite brèche faisant partie des situations exceptionnelles se définit comme une brèche dont l'effet est équivalent à l'ouverture accidentelle d'une soupape de sûreté GV, d'une vanne de décharge à l'atmosphère (VDA), ou d'une vanne du contournement vapeur au condenseur (GCT).

La rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (petite RTE) à envisager est une brèche du circuit d'eau alimentaire limitée à 50 mm en diamètre. Une petite brèche de la tuyauterie d'eau alimentaire aurait un impact mécanique plus faible que le transitoire considéré car la brèche sur la tuyauterie d'eau est nettement plus petite.

Le réacteur est supposé dans un premier temps se trouver dans des conditions d'arrêt à chaud, ce qui amplifie le transitoire de refroidissement. Le circuit primaire se dépressurise par la même occasion.

Selon les cas, l'injection de sécurité est activée sur signal de « très basse pression pressuriseur ». Le circuit primaire remonte en pression suite à l'injection de la charge et de l'IJPP ainsi que de l'IS et du RBS selon les cas.

Une vanne GCT bloquée en position ouverte peut être isolée par la fermeture automatique de la vanne d'isolement vapeur à 50 bar abs. Une vanne VDA bloquée en position ouverte peut être isolée par la fermeture automatique de la vanne d'isolement VDA à 40 bar abs. Une soupape de sûreté GV bloquée en position ouverte ne peut pas être isolée. Différents cas sont donc étudiés : brèche isolable ou non-isolable.

Ce transitoire enveloppe l'ensemble des petites brèches secondaires en arrêt intermédiaire et en arrêt à froid. La tranche est amenée en arrêt à froid.

7.7. OUVERTURE INTEMPESTIVE D'UNE SOUPE DE SÛRETÉ DU PRESSURISEUR (T3.7)

Ce transitoire provoque une dépressurisation importante du circuit primaire qui entraîne l'Arrêt Automatique du Réacteur sur signal de « basse pression pressuriseur » ; le refroidissement partiel et le démarrage de l'injection de sécurité sont activés sur signal de « très basse pression pressuriseur ».

La tranche est initialement à la pleine puissance.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

7.8. SURPRESSION EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID DE CATÉGORIE 3 (T3.8)

Ce transitoire couvre les transitoires de montée en pression dans le circuit primaire initiés en état C, le pressuriseur étant monophasique ou diphasique.

En conditions diphasiques, le transitoire considéré est un démarrage intempestif de l'injection de sécurité à température primaire faible (état C3) avec un GMPP en fonctionnement.

En conditions monophasiques, le transitoire considéré est un démarrage intempestif de l'injection de sécurité à température primaire faible (état C3) sans GMPP en fonctionnement.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8. SITUATIONS HAUTEMENT IMPROBABLES (CCC4)

- 1) ATWS (Anticipated Transient Without Scram) (T4.1),
- 2) rupture de plusieurs tubes GV (T4.2),
- 3) brèche primaire (T4.3),
- 4) rupture de tuyauterie vapeur (T4.4),
- 5) rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (T4.5),
- 6) transitoires induits par des événements externes (T4.6),
- 7) perte totale de l'eau alimentaire (T4.7),
- 8) refroidissement rapide par le secondaire (T4.8),
- 9) surpression en état d'arrêt à froid de catégorie 4 (T4.9),
- 10) brèche primaire avec défaillance de l'ISMP en état A (T4.10),
- 11) perte totale de la source froide conduisant à une brèche aux joints des GMPP dans les états A à Cb1 (T4.11),

12) ATWS par blocage mécanique des grappes en état A (perte de la ligne principale d'alimentation électrique) (T4.12).

Les scénarios définissant ces transitoires peuvent être issus d'un accident de catégorie 4 ou d'accident dont la probabilité d'occurrence est inférieure au seuil généralement admis pour cette catégorie □ mais qui sont étudiés vis-à-vis des dommages du cœur et pour lesquels la tenue mécanique est également vérifiée (cas des situations 4.1, 4.2, 4.3 (APRP 2A), 4.6, 4.7, 4.8, 4.10, 4.11 et 4.12).

8.1. ATWS (ANTICIPATED TRANSIENT WITHOUT SCRAM) (T4.1)

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

Les transitoires étudiés sont les suivants :

- ouverture intempestive de toutes les vannes du contournement vapeur à pleine puissance (suivi de la fermeture des vannes d'isolement vapeur sur signal de dépressurisation secondaire) avec grappes mécaniquement bloquées,
- fermeture intempestive de toutes les vannes d'isolement vapeur à pleine puissance avec grappes mécaniquement bloquées.

Le transitoire retenu pour les surpressions primaire et secondaire est une enveloppe des transitoires de surpression de catégorie 4.

Ces transitoires entraînent une insuffisance de l'évacuation de la puissance par le secondaire, et donc une augmentation importante de la température et de la pression dans le circuit primaire et les GV.

Étant donné que les grappes sont supposées être mécaniquement bloquées, ces élévations de température et de pression ne sont stoppées que par l'activation des dispositifs de protection contre les surpressions (ceux du pressuriseur et des GV), les contre-réactions neutroniques et l'injection de bore (RBS).

La tranche est considérée initialement à la pleine puissance en fin de prolongation de cycle.

L'Arrêt Automatique du Réacteur est déclenché sur un signal de « très haute pression pressuriseur ».

8.2. RUPTURE DE PLUSIEURS TUBES GV (T4.2)

Cet accident se définit comme une rupture doublement débattue de dix tubes en U dans la branche descendante d'un GV.

Ce transitoire couvre les transitoires résultants d'une rupture de plusieurs tubes de GV (rupture de 2 à 10 tubes en U).

En cas de RTGV, le fluide primaire se déverse dans le circuit secondaire ce qui induit une diminution de la pression primaire et du niveau pressuriseur. L'activité dans les lignes vapeur est mesurée. L'action des systèmes ne peut compenser la fuite primaire vers le secondaire et par conséquent, les actions automatiques réalisées à court terme visent à dépressuriser le primaire pour annuler le débit de la brèche. Les actions à long terme sont exécutées manuellement par l'opérateur pour assurer le refroidissement de la centrale jusqu'à l'état d'arrêt à froid. Ces actions sont supposées commencer 30 minutes après le premier signal de protection qui est l'arrêt automatique du réacteur.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur et l'injection de sécurité accompagnée du refroidissement partiel sont activés respectivement sur les signaux de « basse pression pressuriseur » et de « très basse pression pressuriseur ».

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.3. BRÈCHE PRIMAIRE (T4.3)

Les tailles de brèche primaire faisant partie des situations hautement improbables ont une surface équivalente supérieure à 100 cm^2 . Les tailles de brèche étudiées sont les suivantes :

- une brèche de 100 cm^2 ,
- une rupture guillotine doublement débattue de la ligne d'expansion du pressuriseur 100 cm^2 ,

Suite à l'ouverture de la brèche, qui provoque une perte importante de réfrigérant primaire, la pression du primaire diminue rapidement, provoquant une baisse de la température du circuit primaire. La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur et l'injection de sécurité accompagnée du refroidissement partiel sont activés respectivement sur les signaux de « basse pression pressuriseur » et de « très basse pression pressuriseur ».

8.4. RUPTURE DE TUYAUTERIE VAPEUR (T4.4)

Le transitoire étudié correspond à une rupture guillotine doublement débattue d'une ligne vapeur en aval de la vanne d'isolement vapeur (le principe d'exclusion de rupture est appliqué aux lignes vapeur), la vanne d'isolement vapeur ne se fermant pas sur demande.

Deux cas sont étudiés selon que les alimentations électriques externes sont maintenues au cours du transitoire ou perdues (cas avec ou sans PTAE). Les deux cas présentés sont enveloppes vis-à-vis de la phase initiale de refroidissement et de la remontée de pression du circuit primaire dans la seconde partie de l'accident.

Le réacteur est supposé dans un premier temps se trouver dans des conditions d'arrêt à chaud, ce qui amplifie le transitoire de refroidissement.

L'injection de sécurité est activée sur signal de « très basse pression pressuriseur ». Le circuit primaire remonte en pression due à l'injection de la charge et de l'IJPP ainsi que de l'IS et du RBS selon les cas.

8.5. RUPTURE DE TUYAUTERIE D'EAU ALIMENTAIRE (T4.5)

Le transitoire étudié correspond à une rupture doublement débattue d'une tuyauterie d'eau alimentaire non isolable à côté de l'entrée des GV (le principe d'exclusion de rupture ne s'applique pas à cette ligne). Il couvre l'ensemble des transitoires résultants d'une brèche dans la tuyauterie d'eau alimentaire et entraîne une vidange rapide du générateur de vapeur affecté et l'interruption du débit d'eau alimentaire vers les autres GV.

La tranche est supposée fonctionner à sa puissance nominale lorsque la rupture se produit. L'Arrêt Automatique du Réacteur intervient sur signal de « forte baisse de pression GV » dans l'un des GV. Le circuit d'eau alimentaire de secours est activé sur un signal de « très bas niveau GV » et alimente les GV.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.6. TRANSITOIRES INDUITS PAR DES ÉVÉNEMENTS EXTERNES (T4.6)

Cette situation est décrite dans le § 9. « Etudes spécifiques ».

8.7. PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE (T4.7)

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

Le transitoire envisagé est la perte totale d'eau alimentaire.

La perte totale d'eau alimentaire consiste en une défaillance intempestive des pompes APA à la puissance nominale associée à l'indisponibilité des pompes AAD et ASG pendant l'accident, provoquant ainsi une perte complète de l'évacuation de la chaleur secondaire.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

Après l'évènement initiateur, le signal « chute automatique de toutes les grappes sur perte de l'eau alimentaire » permet d'obtenir, avant que le signal d'Arrêt Automatique du Réacteur ne soit émis sur bas niveau GV, la chute des grappes, le déclenchement turbine et l'isolement de la ligne grand débit ARE. Après l'émission du signal d'AAR, les GV sont asséchés et ne peuvent plus évacuer la puissance résiduelle. L'opérateur manoeuvre donc manuellement une ligne de décharge du pressuriseur et les systèmes RCV et RIS afin d'évacuer la puissance résiduelle par passage en configuration gavé-ouvert du circuit primaire.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.8. REFROIDISSEMENT RAPIDE PAR LE SECONDAIRE (T4.8)

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

Ce transitoire est représentatif de l'opération de refroidissement rapide par le secondaire (i. e. ouverture complète de toutes les vannes VDA des GV).

L'évènement initiateur pris en compte est une petite brèche primaire \square cumulée à la défaillance du refroidissement partiel. Cette défaillance entraîne le maintien en pression du circuit primaire avec des conséquences pénalisantes pour le choc froid sur la cuve. L'opérateur lance ensuite le refroidissement rapide du secondaire.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur est activé sur « basse pression pressuriseur » et le signal d'injection de sécurité sur « très basse pression pressuriseur ».

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.9. SURPRESSION EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID DE CATÉGORIE 4 (T4.9)

La situation considérée couvre les transitoires de montées en pression initiés en état C, pressuriseur diphasique ou monophasique.

En conditions diphasiques, le transitoire retenu est un démarrage intempestif de l'injection de sécurité dont une pompe ISMP a sa ligne à grand débit minimum fermée. Les soupapes RRA, les 2 premières soupapes de sûreté du pressuriseur et les pompes ISBP sont considérées indisponibles. Ce scénario suppose plusieurs défaillances.

En conditions monophasiques, le transitoire retenu est le démarrage intempestif de l'injection de sécurité dont une pompe ISMP a sa ligne à grand débit minimum fermée. Les soupapes RRA, les 2 premières soupapes de sûreté du pressuriseur et les pompes ISBP sont considérées indisponibles. Ce scénario suppose plusieurs défaillances et que le démarrage de l'injection de sécurité intervient une fois le dernier GMPP arrêté.

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.10. BRÈCHE PRIMAIRE AVEC DÉFAILLANCE DE L'ISMP EN ÉTAT A (T4.10)

Les situations concernées « APRP [] avec défaillance de l'ISMP » et « APRP [] avec défaillance de l'ISMP » sont étudiées en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

Ces transitoires de catégorie 4 couvrent les APRP avec défaillance de l'ISMP []. Différentes tailles de brèches sont envisagées :

- un transitoire d'APRP [] en branche chaude, avec défaillance de l'ISMP,
- un transitoire d'APRP [] en branche chaude, avec défaillance de l'ISMP.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

L'Arrêt Automatique du Réacteur et l'injection de sécurité accompagnée du refroidissement partiel sont activés respectivement sur les signaux de « basse pression pressuriseur » et de « très basse pression pressuriseur ».

La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

8.11. PERTE TOTALE DE LA SOURCE FROIDE CONDUISANT À UNE BRÈCHE AUX JOINTS DES GMPP DANS LES ÉTATS A À CB1 (T4.11)

Le transitoire considéré est la perte d'un train RRI/SEC à pleine puissance, suivie de la perte totale du RRI entraînant les indisponibilités suivantes :

- du refroidissement des barrières thermiques des GMPP,
- du RCV,
- des 4 trains ISMP,
- de 2 trains ISBP : trains 2 et 3,
- de 2 trains ASG : trains 2 et 3,
- de 2 trains VDA : trains 2 et 3 perdus après 2h car alimentés sur batterie.

La perte du refroidissement des barrières thermiques des GMPP conduit à l'arrêt automatique de celles-ci mais il est supposé défailant pendant le transitoire. En considérant une défaillance de cet arrêt des GMPP, un débit de fuite s'échappe du circuit primaire par les joints des GMPP. Ce débit de fuite correspond à 4 petites brèches primaires [].

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

Suite aux brèches aux joints des GMPP, la pression du circuit primaire diminue rapidement. L'Arrêt Automatique du Réacteur et l'injection de sécurité accompagnée du refroidissement partiel sont activés respectivement sur les signaux de « basse pression pressuriseur » et de « très basse pression pressuriseur ».

8.12. ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES EN ÉTAT A (PERTE DE LA LIGNE PRINCIPALE D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE) (T4.12)

Le transitoire considéré est la perte de la ligne principale d'alimentation électrique avec succès du basculement TS/TA entraînant les indisponibilités suivantes :

- des pompes APA,
- des GMPP.

Suite au succès du basculement TS/TA, la pompe AAD ainsi que le GCT sont récupérés.

La tranche est initialement à la pleine puissance.

Les grappes sont mécaniquement bloquées après émission du signal d'Arrêt Automatique du Réacteur sur un signal de « basse vitesse GMPP ». L'injection de sécurité, accompagnée du refroidissement partiel, est activée sur un signal de « très basse pression pressuriseur ».


La principale caractéristique du transitoire côté secondaire est un fonctionnement simultané de l'ASG et de l'ARE via la pompe AAD.

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

9. ÉTUDES SPÉCIFIQUES

9.1. BRÈCHE PRIMAIRE DOUBLEMENT DÉBATTUE (T4.3 – APRP 2A)

La tranche est initialement à la pleine puissance.

Cette situation est représentative d'un accident de perte importante de réfrigérant. Elle prend en compte la plus grande taille de brèche possible, c'est-à-dire à une rupture guillotine doublement débattue de la tuyauterie primaire .

Suite à l'ouverture de la brèche, qui provoque une perte importante de réfrigérant primaire, la pression du primaire diminue rapidement, provoquant une baisse de la température du circuit primaire. La sollicitation thermique induite par les injections froides conduit à une forte sollicitation mécanique de la cuve avec un risque potentiel de rupture fragile.

Ce transitoire n'est pas retenu pour les études mécaniques des équipements compte tenu de l'existence du principe d'exclusion de rupture des tuyauteries primaires principales.

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

9.2. TRANSITOIRES INDUITS PAR DES ÉVÉNEMENTS EXTERNES (T4.6)

Du point de vue de l'étude des transitoires de conception, les transitoires induits par des événements externes les plus pénalisants sont les chutes d'avions, qui provoquent des ruptures doublement débattues des lignes vapeur de 2 générateurs de vapeur, dont les trains de vannes vapeur sont situées dans le même bâtiment.

L'évènement initiateur est le suivant :

- 2 RTV non isolables se trouvant à l'extérieur du bâtiment réacteur avec occurrence simultanée de rupture guillotine vapeur.
- Incapacité consécutive des systèmes de sûreté qui se trouvent à l'intérieur du bâtiment de sauvegarde affecté par la chute d'avion à assurer leur fonction de sûreté.

La tranche fonctionne initialement dans les conditions de l'arrêt à chaud.

Le signal d'injection de sécurité est atteint sur « très basse pression pressuriseur ».

Cette situation est étudiée en tant qu'évènement du chapitre 19 du Rapport de Sûreté.

TAB-3.6.1.1.1 LISTE DES SITUATIONS D'EXPLOITATION NORMALE

□

TAB-3.6.1.1.2 LISTE DES SITUATIONS PERTURBÉES

□

TAB-3.6.1.1.3 LISTE DES SITUATIONS D'ESSAIS

□

TAB-3.6.1.1.4 LISTE DES ÉPREUVES HYDRAULIQUES

□

TAB-3.6.1.1.5 LISTE DES SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CPP CLASSÉES EN 2ÈME CATÉGORIE

□

TAB-3.6.1.1.6 LISTE DES SITUATIONS PARTICULIÈRES À CERTAINES ENCEINTES DU CSP CLASSÉES EN 2^{ÈME} CATÉGORIE

□

SOMMAIRE

.3.6.1.2 SPÉCIFICATION DES CHARGEMENTS	3
1. DÉFINITION DES CHARGEMENTS POUR LES CPP ET CSP	3
2. DÉFINITION DES CHARGEMENTS POUR LES SYSTÈMES AUXILIAIRES	4
3. LIEN ENTRE LES SITUATIONS ET LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'ANALYSE DE SÛRETÉ	5
4. CUMUL DE CHARGEMENTS	6
5. CRITÈRES ET VÉRIFICATION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
5.1. CRITÈRES ASSOCIÉS AUX OBJECTIFS FONCTIONNELS	7
5.1.1. STABILITÉ, INTÉGRITÉ	7
5.1.2. CAPACITÉ FONCTIONNELLE	7
5.1.3. OPÉRABILITÉ	7
5.2. DÉMONSTRATION PAR ESSAI	8
5.2.1. VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE DE L'OPÉRABILITÉ	8



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.2

PAGE 2/11

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

**TAB-3.6.1.2.1 CATÉGORISATION ET CUMUL DES CHARGEMENTS POUR LA
DÉMONSTRATION DE LA STABILITÉ ET DE L'INTÉGRITÉ DES
COMPOSANTS MÉCANIQUES (1)..... 9**

**TAB-3.6.1.2.2 CATÉGORISATION ET CUMUL DES CHARGEMENTS POUR LES
STRUCTURES ET SUPPORTS DU GÉNIE CIVIL EN ACIER (1)..... 11**

.3.6.1.2 SPÉCIFICATION DES CHARGEMENTS

1. DÉFINITION DES CHARGEMENTS POUR LES CPP ET CSP

L'analyse des contraintes effectuée pour le CPP et les CSP utilise les chargements spécifiés dans le document RCC-M (voir sous-chapitre 1.6). Ces chargements résultent de la dilatation thermique, de la pression, du poids et des torseurs d'effort résultant des situations de fonctionnement envisagées (situations de fonctionnement, agressions externes, ruptures de tuyauterie, etc.)

La combinaison de ces différents chargements est explicitée au § 4.

De manière générale, les chargements considérés sont les suivants :

- Chargements d'origine mécanique :
 - statique : le poids (matériel, fluide), la pression, les efforts initiaux de montage, le serrage (boulonnerie), mouvements du sol et des bâtiments,
 - transitoire : variations de pression, vibrations,
 - dynamique : chocs / coups de bélier, mouvements de fluides, rupture de tuyauterie et autres agressions internes, séismes et autres agressions externes.
- Chargements d'origine thermique :
 - expansion thermique,
 - fluctuations de température dans les zones de mélange,
 - chocs thermiques,
 - stratification thermique.
- Réactions des supports.

En détail, les principaux chargements sont pris en compte de la façon suivante :

Pression

Pression interne ou externe déterminée pour chaque catégorie de situation.

Poids

Le poids comprend le poids du matériel, le poids du fluide interne et le poids du calorifuge.

Température

Les chargements thermiques proviennent des situations de fonctionnement décrites dans la section 3.6.1.1. La température a un effet sur les efforts liés à la dilatation des matériaux et sur les caractéristiques mécanique des composants.

Déplacement imposé

Le déplacement imposé ou empêché des structures adjacentes (en particulier supports et tuyauteries) qui agissent sur un récipient induisent un effort résultant qui est pris en compte sous forme de torseur aux interfaces (tubulures pour les tuyauteries). Le déplacement est imposé à la tuyauterie.

Chargement statique 2pA

Dans le cadre de l'hypothèse d'exclusion de rupture appliquée aux tuyauteries principales du réacteur EPR (voir section 5.2.3), les supports de chaque gros composant doivent soutenir les composants lorsqu'une « charge statique 2pA » est exercée indépendamment sur chacune de ses tubulures.

Séisme de Dimensionnement

Les données d'entrée pour l'analyse sismique des CPP et CSP sont introduites sous la forme de spectres de réponse de plancher correspondant à différents niveaux concernés par les équipements de ces systèmes. Deux spectres horizontaux et un spectre vertical leurs sont appliqués indépendamment.

L'analyse considère un amortissement critique de 4% pour les équipements Q1 et leurs supports.

Autres agressions externes

Le dimensionnement des équipements est vérifié vis-à-vis des chargements résultant de toutes les agressions externes pertinentes décrites au sous-chapitre 3.3. La protection des CPP et CSP vis à vis de la plupart des agressions externes est assurée par les bâtiments qui abritent les équipements.

Rupture de tuyauteries

Par application de l'hypothèse d'exclusion de rupture pour les tuyauteries primaires du réacteur EPR (voir section 5.2.3), les efforts se développent dans la boucle primaire du fait des fluctuations de pression et d'écoulement transitoire à la suite d'une rupture d'une ligne auxiliaire piquée sur le circuit primaire. Les emplacements des ruptures de tuyauteries envisagées et leurs caractéristiques sont donnés dans la section 3.6.1.3.

Pour les CSP, l'hypothèse d'Exclusion de Rupture s'applique également aux lignes VVP mais non sur les lignes ARE (voir sous-chapitre 10.5). Les brèches considérées sont la Rupture guillotine de Tuyauterie Vapeur en aval du point fixe situé après la vanne d'isolement ainsi que la Rupture de Tuyauterie d'Eau alimentaire, telles que décrites à la section 3.6.1.4.

Une analyse dynamique en fonction du temps est effectuée pour les cas de rupture envisagés. Pour chaque cas de rupture, des modèles hydrauliques sont utilisés pour générer les efforts hydrauliques appliqués aux équipements. Pour obtenir une description plus détaillée des efforts hydrauliques, se reporter aux sections 3.6.1.3 et 3.6.1.4.

Autres agressions internes

Le dimensionnement des équipements est vérifié vis à vis des chargements résultant des agressions internes appropriées, telles que décrites au sous-chapitre 3.4.

Décomposition des fluides instables

Les phénomènes de coup de bélier sont envisagés. En pratique ils n'ont pas à être envisagés sur le CPP (voir sous-chapitre 5.2) et sont rendus très improbables sur les CSP par les dispositions d'exploitation (voir sous-chapitre 10.5).

2. DÉFINITION DES CHARGEMENTS POUR LES SYSTÈMES AUXILIAIRES

Les chargements considérés pour la conception des équipements des systèmes auxiliaires sont du même type, si ce n'est que :

- le séisme ne concerne que les équipements classés séisme (SC1 ou SC2),
- les ruptures de tuyauteries considérées sont propres à chaque système,

- le chargement conventionnel 2pA ne concerne que les supports des gros composants des CPP et CSP.

3. LIEN ENTRE LES SITUATIONS ET LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'ANALYSE DE SÛRETÉ

Les situations de fonctionnement de la tranche auxquelles les composants peuvent être soumis sont réparties en différentes catégories (CCC) : les situations d'exploitation normale (dont les essais), les situations perturbées (incidents courants de fonctionnement), les situations exceptionnelles, les situations hautement improbables et les épreuves hydrauliques (voir paragraphe 1 de la section 3.6.1.1).

Les situations de fonctionnement CCC concernent la conception mécanique des composants, alors que les conditions de fonctionnement PCC / RRC-A / Accident Grave et les agressions concernent l'évaluation de la sûreté de tranche aux regards des rejets radiologiques et critères associés.

Elles sont respectivement classées en différentes catégories selon leur fréquence d'occurrence annuelle. Le tableau ci-dessous donne la correspondance, pour le CPP/CSP et les équipements utilisés en fonctionnement normal de la tranche, entre les conditions de fonctionnement de la tranche (PCC, RRC-A, Accident Grave) et les situations de fonctionnement pour lesquelles les équipements sont conçus (CCC) :

Conditions de Fonctionnement de tranche utilisées pour l'analyse de Sûreté	Situations de fonctionnement de l'ensemble CPP/CSP associées aux Conditions de Fonctionnement de tranche et utilisées pour l'analyse mécanique des équipements classés de sûreté ⁽¹⁾	
PCC-1 : conditions d'exploitation normale PCC-2 : transitoires de référence	Catégorie 2 : situations d'exploitation normale et situations perturbées	Situations raisonnablement prévisibles
PCC-3 : incidents de référence	Catégorie 3 : situations exceptionnelles	
PCC-4 : accidents de référence	Catégorie 4 : situations hautement improbables	Situations hautement improbables
Séquences RRC-A (sans fusion du cœur)	Catégorie 4 : situations hautement improbables	
Séquences Accident Grave (avec fusion du cœur)	Autres situations hautement improbables	

⁽¹⁾ : ces situations sont complétées des situations propres aux équipements (essais et épreuves hydrauliques).

Nota : les situations de fonctionnement auxquelles les composants peuvent être soumis à la suite d'une agression sont, selon sa fréquence estimée, des « Situations exceptionnelles » ou des « Situations hautement improbables ». Toutes deux représentent la catégorie des « Conditions accidentelles ».

Pour les structures de génie civil, en béton et en acier, les informations nécessaires pour les calculs sont données dans l'ETCC (voir sous-chapitre 1.6). Les chargements et les règles de cumul associées sont définis dans les références suivantes :

- Agressions externes : voir sous-chapitre 3.3.
- Agressions internes : voir sous-chapitre 3.4.
- RCC-M (voir sous-chapitre 1.6), Volume H "Supports".

4. CUMUL DE CHARGEMENTS

Classement et superposition d'événements et de charges pour la démonstration de la stabilité et de l'intégrité des composants mécaniques :

- Le tableau [TAB-3.6.1.2.1](#) répartit les différentes charges statiques et transitoires entre situations de dimensionnement normales, perturbées, conditions d'essais, situations exceptionnelles et situations hautement improbables ainsi que les agressions. Chaque colonne indique les cumuls de chargements.

Classement et superposition d'événements et de charges pour les structures en acier et les supports :

- Le tableau [TAB-3.6.1.2.2](#) donne les mêmes informations que le tableau [TAB-3.6.1.2.1](#) pour les structures et supports de génie civil en acier.

Conditions durant les agressions :

- Les règles de cumul propres aux agressions externes sont indiquées au sous-chapitre 3.3. En particulier, les règles de cumul du séisme de dimensionnement sont les suivantes :
 - le cumul séisme ne concerne que les composants classés sismique (SC1 ou SC2) ;
 - le cumul du séisme avec une agression/RTHE n'est à prendre en compte que dans le cas où l'agression/RTHE est corrélée à un événement PCC.
- Des chargements correspondant à des conditions de la tranche peu fréquentes n'ont pas à être combinés avec des chargements résultant d'agressions externes.

5. CRITÈRES ET VÉRIFICATION DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

En fonction du type de composants mécaniques et des fonctions de sûreté qu'ils doivent accomplir, les exigences suivantes sont appliquées (voir section 3.6.0) :

- stabilité,
- intégrité,
- capacité fonctionnelle,
- opérabilité.

Les niveaux des critères sont précisés pour chaque cas de charge associé à une situation ou à une catégorie de situations. Ils devront être au moins aussi sévères que ceux stipulés ci-après :

Situation de fonctionnement de la tranche	Référence	Normale	Perturbée	Essai	Exceptionnelle	Accidentelle
Niveaux de critère	0	A	A / B*	Épreuve	C	D

(*) : Niveau A pour composants de niveau 1 RCC-M et Niveau B pour les autres composants

Pour les équipements réalisés suivants les normes européennes harmonisées, les niveaux de critères en fonction des types et fréquences de sollicitation sont définis dans les normes EN13480-3 et EN13445-3 respectivement pour les tuyauteries et les récipients. Pour ce qui concerne les robinets, les exigences de conception sont définies dans les normes EN12516-1 et 12516-2.

Les limites imposées dépendent des objectifs fonctionnels spécifiés. Ils comportent des mesures préventives contre certains types de dommages aux composants. Dans le RCC-M (voir sous-chapitre 1.6), chaque niveau de critère correspond à un jeu de contraintes admissibles, chaque jeu correspondant à des marges données en fonction de divers dommages. Les critères associés à chaque objectif fonctionnel sont explicités ci-après. Pour chaque équipement, le critère à vérifier est soit le critère spécifique à l'objectif fonctionnel qui lui est assigné dans la situation considérée, soit le critère générique associé à la situation de fonctionnement de la tranche si aucun objectif fonctionnel particulier ne lui est assigné.

5.1. CRITÈRES ASSOCIÉS AUX OBJECTIFS FONCTIONNELS

5.1.1. Stabilité, intégrité

L'application des critères de niveau C ou D est, en règle générale, suffisante pour démontrer la stabilité et l'intégrité des composants mécaniques dans les situations exceptionnelles ou hautement improbables respectivement.

5.1.2. Capacité fonctionnelle

La vérification de la capacité fonctionnelle par analyse théorique se fait à l'aide de calculs de contrainte et/ou de déformation. La vérification de la capacité fonctionnelle pour les appareils sous pression, les échangeurs thermiques et les tuyauteries est assurée par la vérification de l'intégrité et de la stabilité. Pour les vannes dont la disponibilité est requise sans mouvement fonctionnel, une vérification appropriée est prévue. Si besoin, on montre par calcul que les pièces mobiles ne s'éloignent pas de leurs positions au-delà d'une limite admissible.

Dans le cas d'échangeurs, les vibrations induites par le débit du fluide ne doivent pas entraver la capacité fonctionnelle. On étudie les éléments internes pour vérifier si les sections de passage ne risquent pas d'être altérées de manière inadmissible par des déformations.

Pour des charges de conditions accidentelles, le niveau pertinent de critère de capacité fonctionnelle est le niveau C.

5.1.3. Opérabilité

L'opérabilité peut être demandée aux composants actifs, par exemple robinets, soupapes, pompes et autres, qui ont besoin de mouvement fonctionnel afin d'assumer leur exigence fonctionnelle.

L'application du critère de niveau 0 pour les composants RCCM1 et de niveau B pour les autres participe à la démonstration de l'opérabilité des matériels non statiques. Cette démonstration doit être complétée par des vérifications expérimentales ou/et des analyses. Lorsque des déformations locales

permanentes sont subies, on vérifiera que ces dernières n'ont pas d'effets préjudiciables inacceptables sur l'opérabilité.

On peut utiliser la limitation de contrainte au niveau C si les déformations provoquées par les chargements subis pendant les conditions accidentelles n'entravent pas l'opérabilité. C'est le cas, par exemple, lorsque des jeux ou des sections efficaces suffisants subsistent. Ceci sera vérifié en particulier pour :

- les supports : on vérifie la stabilité des supports importants pour l'opérabilité. Lorsque des déplacements ou des déformations permanentes sont subis, on vérifie que ces derniers n'ont pas d'effets préjudiciables inacceptables sur l'opérabilité.
- les composants : dans la zone des composants internes, on doit vérifier que les sections de passage libre ne risquent pas d'être modifiées de manière inadmissible par les déformations.

Des examens sont réalisés au cas par cas pour déterminer si une analyse de déformation est nécessaire (par exemple : déformation d'arbre dans le cas d'une pompe).

5.2. DÉMONSTRATION PAR ESSAI

5.2.1. Vérification expérimentale de l'opérabilité

La vérification expérimentale (par exemple pour les pompes et les soupapes) peut se faire, si besoin, sur un banc d'essai. La transposition des conditions d'essai aux conditions de service prévues est une condition préalable pour la vérification expérimentale. Les déclarations de cette transposition seront contenues dans le rapport de vérification expérimentale. On vérifiera également, le cas échéant, la stabilité des accessoires, des systèmes supports, auxiliaires et de mise en service (si approprié).

TAB-3.6.1.2.1 CATÉGORISATION ET CUMUL DES CHARGEMENTS POUR LA DÉMONSTRATION DE LA STABILITÉ ET DE L'INTÉGRITÉ DES COMPOSANTS MÉCANIQUES (1)

CHARGEMENTS		SITUATIONS	Situation de calcul	Situations issues du Fonctionnement normal et des Transitoires de référence				Situations incidentelles		Situations accidentelles	
				Normale & Perturbée			Essais	Exceptionnelle		Hautement improbable	
Chargements induits par la situation	Statiques	Pression de calcul	X								
		Température de calcul	X								
		Pression associée aux situations de fonctionnement		X	X	X	X		X	X	X
		Température associée aux situations de fonctionnement		X	X	X	X		X	X	X
		Pression d'essais (incluant les épreuves hydrauliques)						X			
		Température d'essais (incluant les épreuves hydrauliques)						X			
		Poids propre et autres	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Sollicitations mécaniques (forces de réaction)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Expansion thermique empêchée	X (***)	X	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)
	Transitoires	Chargements transitoires (y compris transitoires d'essai), charges dynamiques en fonctionnement		X							
Dynamiques	Chargements dus à la rupture de tuyauterie correspondant à la situation (****)							X	X (**)	X (**)	
	Autre chargement induit par une agression interne corrélée à la situation (si pertinent)							X	X	X	
Chargements induits par des événements cumulés à la situation	Dynamiques	Séisme d'inspection (2)	X (****)	X							
		Séisme de dimensionnement (SDD)					X		X (**)	X (**)	
		Autre agression externe	Onde de pression due à une explosion			X					
			Chute d'avion				X				
Niveau de critère à associer à la sollicitation résultante			0	A/B	D	D	D (*)	Épreuve	C	D (*)	D (*)

Nota : les sollicitations d'une même colonne du tableau sont combinées.

Si les composants mécaniques font l'objet d'un objectif fonctionnel autre que l'intégrité ou la stabilité, les niveaux de critère à appliquer peuvent différer (voir § 5.).

Notes relatives au 3.6.1.2 TAB 1 :

- 1) Intégrité des composants vis-à-vis des dommages de déformation excessive, progressive (& fatigue) et d'instabilité plastique.
- 2) Couvre le séisme raisonnablement prévisible.

(*) PCC1 à PCC3 + SDD doivent être analysés avec les critères correspondant aux situations hautement improbables.

Ce cumul ne concerne que les composants classés SC1 ou SC2.

Le cumul du SDD avec une agression interne/RTHE n'est à prendre en compte que dans le cas où l'agression interne/RTHE est corrélée à un événement PCC.

- (**) Les chargements SDD et rupture de tuyauterie peuvent être combinés quadratiquement.
- (***) L'expansion thermique est retenue lorsque le chargement ou une partie du chargement est de nature primaire.
- (****) Ces chargements ne sont à considérer que pour les situations correspondant à des ruptures de tuyauterie.
- (*****) Le chargement séisme d'inspection n'est pas cumulé à la situation de calcul pour les robinets, les réservoirs et les échangeurs.

TAB-3.6.1.2.2 CATÉGORISATION ET CUMUL DES CHARGEMENTS POUR LES STRUCTURES ET SUPPORTS DU GÉNIE CIVIL EN ACIER (1)

SITUATIONS			Situation de calcul	Situations issues du fonctionnement normal et des Transitoires de référence					Situations incidentelles		Situations accidentelles	
				Normale & Perturbée			Essais	Exceptionnelle		Haute improbable		
CHARGEMENTS												
Chargements induits par la situation	Statiques	Sollicitations de calcul	X									
		Température de calcul	X									
		Poids propre et charges permanentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Sollicitations mécaniques (forces de réaction)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Expansion thermique empêchée (butées)	X (***)	X	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)	X (***)
		2.p.A									X	
	Transitoires	Chargements transitoires (y compris transitoires d'essai), charges dynamiques en fonctionnement		X								
	Dynamiques	Chargements dus à la rupture de tuyauterie correspondant à la situation (****)							X	X (**)		X (**)
Autre chargement induit par une agression interne corrélée à la situation (si pertinent)									X	X		X
Chargements induits par des événements cumulés à la situation	Dynamiques	Séisme d'inspection (2)	X	X								
		Séisme de dimensionnement (SDD)					X			X (**)		X (**)
	Autre agression externe	Onde de pression due à une explosion			X							
		Chute d'avion				X						
Niveau de critère à associer à la sollicitation résultante			0	A/B	D	D	D(*)	Épreuve	C	D(*)	D	D(*)

Nota : les sollicitations d'une même colonne du tableau sont combinées.

Notes relatives au 3.6.1.2 TAB 2 :

- 1) Intégrité des composants vis-à-vis des dommages de déformation excessive, progressive (& fatigue) et d'instabilité plastique.
- 2) Couvre le séisme raisonnablement prévisible.

(*) PCC1 à PCC3 + SDD doivent être analysés avec les critères correspondant aux situations hautement improbables.

Ce cumul ne concerne que les composants classés SC1 ou SC2.

Le cumul du SDD avec une agression interne/RTHE n'est à prendre en compte que dans le cas où l'agression interne/RTHE est corrélée à l'évènement PCC.

(**) Les chargements SDD et rupture de tuyauterie peuvent être combinés quadratiquement.

(***) L'expansion thermique est retenue lorsque le chargement ou une partie du chargement est de nature primaire.

(****) Ces chargements ne sont à considérer que pour les situations correspondant à des ruptures de tuyauterie.

SOMMAIRE

.3.6.1.3 ANALYSE MÉCANIQUE DU CPP	6
1. MÉTHODES ET MODÈLES ANALYTIQUES	6
1.1. BOUCLE PRIMAIRE	6
1.2. SUPPORTS DES GROS COMPOSANTS PRIMAIRES	7
1.3. GROS COMPOSANTS DU CIRCUIT PRIMAIRE	7
1.4. ÉQUIPEMENTS INTERNES DANS DES SITUATIONS DE 4ÈME CATÉGORIE	7
2. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE CIRCUIT PRIMAIRE (APRP)	8
2.1. CHARGEMENTS SUR LE RCS APRÈS UN ACCIDENT DE PERTE DE RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE (APRP)	8
2.1.1. MÉTHODE ANALYTIQUE DE DÉTERMINATION DES CHARGEMENTS HYDRAULIQUES	8
2.1.2. CONDITIONS INITIALES ET AUX LIMITES, EMPLACEMENT DES BRÈCHES	9
2.1.3. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LA BOUCLE ROMPUE APRÈS RUPTURE DE LA LIGNE D'EXPANSION	9
2.1.4. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LA BOUCLE ROMPUE APRÈS UNE RUPTURE SUR LA LIGNE D'INJECTION EN BRANCHE FROIDE DU RIS-RA.	9
2.2. CHARGEMENTS SUR LES INTERNES DE CUVE APRÈS UN APRP	9
2.2.1. MÉTHODE D'OBTENTION DES CHARGEMENTS HYDRAULIQUES	10
2.2.2. CONDITIONS INITIALES ET CONDITIONS LIMITES POUR DIFFÉRENTS EMPLACEMENTS DE BRÈCHES	11
2.2.3. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES	11
2.3. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE SYSTÈME DE DÉCHARGE DU PRESSURISEUR	12
2.3.1. INTRODUCTION	12
2.3.2. MÉTHODE ANALYTIQUE POUR DÉTERMINER LES CHARGEMENTS HYDRAULIQUES	15



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.3

PAGE 2/58

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

2.3.3. SITUATIONS, CONDITIONS INITIALES ET CONDITIONS

LIMITES 15

2.3.4. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES 15


TABLEAUX :**TAB-3.6.1.3.1 LISTE DES LIGNES CONNECTÉES AUX BOUCLES**

PRIMAIRES	17
TAB-3.6.1.3.2 CONDITIONS INITIALES ET AUX LIMITES	18
TAB-3.6.1.3.3 PRINCIPAUX RÉSULTATS	19
TAB-3.6.1.3.4 LISTE DES CHARGEMENTS VERTICAUX ET HORIZONTALS.....	20
TAB-3.6.1.3.5 CONDITIONS INITIALES ET CONDITIONS LIMITES	21
TAB-3.6.1.3.6 CHARGEMENTS HYDRAULIQUES VERTICAUX ET HORIZONTALS MAXIMAUX (EN ABSOLU).....	22
TAB-3.6.1.3.7 CHARGEMENTS ET DÉPLACEMENTS MAXIMAUX DES INTERNES SUPÉRIEURS LES PLUS SOLLICITÉS	23

FIGURES :

FIG-3.6.1.3.1 MODÈLE DE LA BOUCLE 3	24
FIG-3.6.1.3.2 MODÈLE DE LA CUVE ET DE LA BOUCLE 3.....	25
FIG-3.6.1.3.3 MODÈLE DE LA BRANCHE EN U DE LA BOUCLE 3.....	26
FIG-3.6.1.3.4 MODÈLE DE LA LIGNE D'EXPANSION.....	27
FIG-3.6.1.3.5 RUPTURE DE LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION À LA BRÈCHE ET À LA SORTIE DE LA CUVE POUR DES CONDITONS DE FONCTIONNEMENT À PLEINE PUISSANCE	28
FIG-3.6.1.3.6 RUPTURE DE LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION DANS LE FAISCEAU TUBULAIRE ET DANS LA BRANCHE EN U POUR DES CONDITONS DE FONCTIONNEMENT À PLEINE PUISSANCE.....	29
FIG-3.6.1.3.7 COMPARAISON DES CHARGEMENTS MAXIMAUX POUR DIFFÉRENTS CAS	30
FIG-3.6.1.3.8 MODÉLISATION DANS LE PLAN HORIZONTAL DE LA CUVE DU RÉACTEUR.....	31
FIG-3.6.1.3.9 MODÉLISATION DANS LE PLAN VERTICAL DE LA CUVE DU RÉACTEUR	32
FIG-3.6.1.3.10 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION À L'EMPLACEMENT DE LA BRÈCHE ET DANS LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □.....	33

FIG-3.6.1.3.11 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – DÉBIT MASSIQUE À LA BRÈCHE ET VITESSE RADIALE ENTRE DEUX GUIDES DE GRAPPES □ DANS LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □	34
FIG-3.6.1.3.12 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DU GUIDE DE GRAPPE LE PLUS SOLLICITE □	35
FIG-3.6.1.3.13 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE SUPPORT LA PLUS SOLLICITÉE □	36
FIG-3.6.1.3.14 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE DE MESURE DE NIVEAU LA PLUS SOLLICITÉE □	37
FIG-3.6.1.3.15 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ – PRESSION À L'EMPLACEMENT DE LA BRÈCHE ET DANS LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □	38
FIG-3.6.1.3.16 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ – DÉBIT MASSIQUE À LA BRÈCHE ET VITESSE RADIALE ENTRE DEUX GUIDES DE GRAPPES □ AU NIVEAU DES AJUTAGES DANS LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □	39
FIG-3.6.1.3.17 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DU GUIDE DE GRAPPE LE PLUS SOLLICITÉ □	40
FIG-3.6.1.3.18 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE SUPPORT LA PLUS SOLLICITÉE □	41
FIG-3.6.1.3.19 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ – CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE DE MESURE DE NIVEAU LA PLUS SOLLICITÉE □	42
FIG-3.6.1.3.20 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES INTERNES INFÉRIEURS DE LA CUVE	43
FIG-3.6.1.3.21 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES INTERNES SUPÉRIEURS DE LA CUVE	44
FIG-3.6.1.3.22 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLE	45

FIG–3.6.1.3.23 CHARGEMENT VERTICAL SUR LA CUVE ET LES INTERNES	46
FIG–3.6.1.3.24 CHARGEMENT HORIZONTAL SUR LES INTERNES SUPÉRIEURS (DIRECTION X)	47
FIG–3.6.1.3.25 CHARGEMENT HORIZONTAL SUR LES INTERNES SUPÉRIEURS (DIRECTION Y)	48
FIG–3.6.1.3.26 PRESSION INITIALE ET PRESSION MAXIMALE	49
FIG–3.6.1.3.27 NIVEAU D’EAU INITIAL ET NIVEAU D’EAU MAXIMAL DANS LE PRESSURISEUR	50
FIG–3.6.1.3.28 TEMPÉRATURES INITIALE, MAXIMALE ET MINIMALE DANS LE PRESSURISEUR	51
FIG–3.6.1.3.29 PRESSURISEUR, SOUPAPES ET DÉBUT DE LA LIGNE DE DÉCHARGE.....	52
FIG–3.6.1.3.30 MODÈLE UTILISÉ POUR LES ÉQUIPEMENTS INTERNES DU RÉSERVOIR DE DÉCHARGE (TUYAU CENTRAL VERTICAL ET BARBOTEUR).....	53
FIG–3.6.1.3.31 SCHÉMA DE LA SOUPAPE DE SÛRETÉ 	54
FIG–3.6.1.3.32 CONDITION LIMITE EN PRESSION DANS LA LIGNE D’EXPANSION POUR LE TRANSITOIRE 4.1	55
FIG–3.6.1.3.33 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DE FORCES POUR LA TUYAUTERIE	56
FIG–3.6.1.3.34 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DE FORCES POUR LES ÉQUIPEMENTS INTERNES DU RÉSERVOIR DE DÉCHARGE	57
FIG–3.6.1.3.35 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DES FORCES EXERCÉES SUR DES PARTIES DU BARBOTEUR DANS LE RÉSERVOIR DE DÉCHARGE.....	58

.3.6.1.3 ANALYSE MÉCANIQUE DU CPP

1. MÉTHODES ET MODÈLES ANALYTIQUES

1.1. BOUCLE PRIMAIRE

Les méthodes utilisées dans les analyses de boucles sont basées sur la méthode des éléments finis, avec une méthode d'élimination de Gauss pour résoudre les équations de l'analyse structurale statique, d'une méthode d'analyse temporelle avec superposition modale non linéaire pour l'analyse sismique dynamique et d'une méthode d'intégration par rapport au temps pour l'analyse dynamique des ruptures du circuit primaire.

Le modèle de boucles primaires/supports intégré est un modèle qui permet de calculer les efforts sur les composants, supports de composant, tuyauteries et génie civil. Ce modèle est élaboré à partir de la bibliothèque des éléments du programme informatique [1].

Le modèle inclut les caractéristiques de masse et de rigidité de la tuyauterie et des composants de la boucle primaire, la rigidité des supports, la rigidité de la tuyauterie des lignes auxiliaires qui affectent le système. La déformation de tout le système est obtenue pour les différents cas de charge à partir desquels les forces des éléments internes et les contraintes de la tuyauterie sont calculées.

1) Calculs statiques

Le modèle de boucles primaires/supports [1] est représenté par un ensemble ordonné d'éléments qui décrivent numériquement le système physique. La figure [FIG-3.6.1.3.1](#) présente le plan synoptique isométrique de ce modèle mathématique.

La description géométrique spatiale du modèle de la boucle primaire est basée sur le schéma d'implantation de la tuyauterie de la boucle primaire et les plans d'équipements. Les propriétés géométriques de la tuyauterie et des coudes ainsi que le module d'élasticité, le coefficient de dilatation thermique, l'écart de température moyen par rapport à la température ambiante et le poids par unité de longueur sont spécifiés pour chaque élément. Les béquilles des composants primaires sont représentées directement par des poutres sans inertie de flexion ou ressorts pour simuler les liaisons rotulées.

Étant donnée la symétrie des charges statiques, l'axe de la cuve est représenté par un point fixe dans le modèle mathématique du système. La dilatation thermique verticale de l'axe des tubulures de la cuve et des pattes de supportage sont prises en compte. Dans le cadre des calculs bullogènes, la stratification se traduit par une rotation imposée aux boucles primaires dans le modèle.

Le programme [1] résout les équations statiques en utilisant une méthode d'élimination de Gauss. On obtient ainsi la solution statique pour les charges de pression de fonctionnement générales, 2pA, thermiques et de poids propre. Le calcul des charges hydrauliques initiales, utilisé pour la charge de pression, est traité dans la section 3.6.1.3 pour l'analyse des ruptures du circuit primaire de la boucle.

Les supports sont conçus pour permettre la libre dilatation horizontale et verticale de la boucle et de ses composants dans les conditions normales de fonctionnement. En séisme et en rupture, l'ensemble des supports sont actifs afin de minimiser les efforts transmis à la boucle.

2) Calculs sismiques

Le modèle décrit pour l'analyse statique est modifié pour l'analyse dynamique en incluant les caractéristiques de masse de la tuyauterie et des composants primaires. Toutes les boucles de tuyauterie (quatre boucles et la cuve) sont incluses dans le modèle du système présenté en [FIG-3.6.1.3.2](#). L'effet du mouvement des équipements sur le système de supports/boucle primaire est obtenu en modélisant les caractéristiques de masse et de rigidité des équipements dans le modèle global.

[1]

L'analyse est effectuée pour les conditions correspondant au fonctionnement nominal.

[1]

Les déformations et les charges des supports, tuyauterie, composants et génie civil sont ainsi obtenues puis utilisées pour l'évaluation des contraintes.

3) Rupture du circuit primaire (perte de réfrigérant primaire) et d'une tuyauterie d'eau alimentaire (RTE)

Le modèle par éléments finis décrit pour l'analyse statique est modifié pour l'analyse des ruptures du circuit primaire. Les modifications consistent en l'adaptation de la modélisation du supportage au cas de charge. Six degrés de liberté dynamiques sont pris en compte pour chaque nœud.

Les efforts hydrauliques en fonction du temps (méthode de calcul décrite dans le § 2.1.) sont appliqués au modèle de la boucle primaire aux changements de section transversale ou de sens d'écoulement du fluide.



Les résultats du calcul sont les forces internes et les moments utilisés pour l'analyse des contraintes des tuyauteries et des composants ainsi que les forces imposées aux supports et au génie civil.

1.2. SUPPORTS DES GROS COMPOSANTS PRIMAIRES

Les supports des composants sont directement inclus dans les modèles utilisés pour les analyses structurales statiques et dynamiques (poutres, ressorts). Les charges résultant des analyses structurales de la boucle primaire sont appliquées à des modèles plus détaillés de chaque support individuel pour évaluer les contraintes ainsi créées.

La description des supports est fournie dans la section 5.4.9. Les modèles détaillés sont développés en utilisant des éléments de type poutres et plaques, le cas échéant.

Pour chaque régime de fonctionnement, les charges (obtenues à partir de l'analyse de la boucle primaire) agissant sur les structures support sont combinées de manière appropriée. L'adéquation de chaque élément des supports du générateur de vapeur, supports de la pompe primaire, partie non intégrée des supports du pressuriseur et structure support de la cuve est vérifiée conformément aux spécifications RCC-M (voir sous-chapitre 1.6).

1.3. GROS COMPOSANTS DU CIRCUIT PRIMAIRE

Les gros composants qui constituent l'enceinte sous pression du circuit primaire sont : les générateurs de vapeur, les pompes primaires, le pressuriseur et la cuve. Ces équipements sont classés, voir sous-chapitre 3.2, RCC-M classe 1, et l'enceinte sous pression satisfait aux exigences de la spécification RCC-M (voir sous-chapitre 1.6).

Les résultats de l'analyse de la boucle primaire sont utilisés pour déterminer les charges agissant sur les tubulures des équipements et aux interfaces support/composant. Ces charges sont données pour toutes les conditions de charge, en se basant sur les analyses finales.

Des modèles dynamiques détaillés et complexes pour la pompe primaire et le générateur de vapeur sont utilisés pour l'analyse dynamique. La cuve est analysée à l'aide d'analyses de contraintes statiques basées sur les charges qui ont été calculées à partir des analyses dynamiques.

1.4. ÉQUIPEMENTS INTERNES DANS DES SITUATIONS DE 4ÈME CATÉGORIE

Les analyses dynamiques des équipements internes de la cuve soumis à des charges sismiques et de perte de réfrigérant primaire sont basées sur la réponse en fonction du temps des équipements internes de la cuve.

Les modèles dynamiques auxquels s'appliquent les charges incluent le cœur, les équipements internes de la cuve, la cuve, le fluide, un modèle simplifié des boucles primaires et des structures support de la cuve.

Ces modèles dynamiques incluent (voir [FIG-3.6.1.3.5](#)) :

- un modèle structural horizontal (représenté par des poutres),

- un modèle structural vertical (représenté par des poutres associées à un système multi-masses relié avec des ressorts).

Ces modèles dynamiques sont couplés.

□ Les jeux pouvant exister entre la cuve et l'enveloppe, entre la cuve et la plaque support supérieure, entre les assemblages combustibles et entre les assemblages combustibles et le réflecteur lourd sont pris en compte.

Chargement Sismique : séisme de dimensionnement

Les équipements internes du réacteur sont étudiés à l'aide d'une analyse en fonction du temps en utilisant la méthode de superposition modale non linéaire. Les chargements temporels sont générés pour les spectres de plancher correspondants au niveau du support de la cuve. □

□

Rupture de tuyauteries : perte de réfrigérant primaire

L'analyse des équipements internes du réacteur pour les efforts de décompression résultant d'une rupture du circuit primaire est basée sur la réponse temporelle en utilisant la méthode de superposition modale non linéaire. Les efforts sont définis à des endroits du système où des changements de section transversale ou de sens d'écoulement se produisent et génèrent des charges différentielles lors du transitoire de décompression (voir § 2.). Les ondes de pression générées au sein du réacteur dépendent fortement de l'emplacement et de la nature de la rupture de tuyauterie envisagée. Les emplacements des ruptures de tuyauteries envisagées et leurs caractéristiques sont donnés dans le § 2.2. En général, plus la rupture de la tuyauterie est rapide, plus les charges auxquelles sont soumis les composants sont importantes. Un temps de rupture conventionnel d'une milliseconde est pris en compte.

2. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE CIRCUIT PRIMAIRE (APRP)

2.1. CHARGEMENTS SUR LE RCS APRÈS UN ACCIDENT DE PERTE DE RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE (APRP)

Cette section décrit les chargements hydrauliques sur la boucle rompue après un APRP de dimensionnement respectivement en branche chaude et en branche froide. Les chargements considérés sont ceux résultant de ruptures de la ligne d'expansion et des lignes d'injection de sécurité en branche froide et en branche chaude.

2.1.1. Méthode analytique de détermination des chargements hydrauliques

La modélisation du circuit primaire, qui permet de déterminer les chargements de poussée et les forces de réaction sur les boucles primaires, est donnée sur les figures FIG-3.6.1.3.1 à FIG-3.6.1.3.4. Les chargements hydrodynamiques sont calculés pour la boucle rompue. Ces forces dépendent de l'évolution de la pression et du débit dans le circuit primaire après l'ouverture de la brèche.

Les calculs sont réalisés en deux étapes. La première étape consiste à calculer les pressions, les débits et les propriétés thermodynamiques en fonction du temps. □ Dans une seconde étape, ces résultats sont combinés avec les surfaces d'application et les coordonnées spatiales des singularités pour calculer les chargements résultants en fonction du temps aux emplacements définis sur la boucle.

Les chargements hydrauliques pour les ruptures sur les lignes d'injection de sécurité en branche froide et en branche chaude sont calculés en 51 emplacements :

- les emplacements F1 à F28 correspondent aux chargements sur la boucle 3 (figures FIG-3.6.1.3.1 à FIG-3.6.1.3.3),

- les emplacements FSL1, FSL2 et F29 à F49 correspondent aux chargements sur la ligne d'expansion (figure [FIG-3.6.1.3.4](#)).

Dans le cas de la rupture de la ligne d'expansion, les forces FSL1, FSL2 et F29 à F49 ne sont pas mentionnées.

Les forces de réaction côté boucle, sont calculées pour chaque rupture considérée.

Ces chargements sont des données d'entrée pour l'analyse dynamique de la boucle rompue.

2.1.2. Conditions initiales et aux limites, emplacement des brèches

Étant donné que l'hypothèse d'exclusion de rupture s'applique aux tuyauteries primaires uniquement, seules les ruptures sur les lignes connectées, répertoriées dans le tableau [TAB-3.6.1.3.1](#), doivent être prises en compte.

Après rupture complète de la tuyauterie, supposée se produire à l'emplacement de la première soudure de la ligne connectée, il est considéré que la section de passage du fluide à la brèche croît linéairement pour atteindre la pleine section en 1 milliseconde.

Suivant la position de la brèche, deux points de fonctionnement du réacteur sont étudiés pour déterminer le chargement maximum, à savoir :

- fonctionnement à 100% de puissance, pour les brèches postulées côté branche chaude (ligne d'expansion et injection de sécurité),
- fonctionnement à puissance réduite : 25% de puissance, pour la brèche postulée côté branche froide (injection de sécurité).

Les détails de deux cas analysés (rupture de ligne d'expansion et rupture de la ligne d'injection de sécurité en branche froide) ainsi que les conditions initiales appliquées sont résumés dans le tableau [TAB-3.6.1.3.2](#).

2.1.3. Chargements hydrauliques sur la boucle rompue après rupture de la ligne d'expansion

La rupture de la ligne d'expansion est la rupture de plus grande taille postulée côté branche chaude.

Les pressions à l'emplacement de la brèche, en sortie de cuve, dans le faisceau tubulaire du générateur de vapeur ainsi que dans la branche en U sont fournies en figures [FIG-3.6.1.3.5](#) et [FIG-3.6.1.3.6](#) pour le cas de fonctionnement à pleine puissance. Le chargement d'intensité maximale est situé dans le faisceau tubulaire du générateur de vapeur. Il vaut approximativement \square (voir figure [FIG-3.6.1.3.7](#)).

2.1.4. Chargements hydrauliques sur la boucle rompue après une rupture sur la ligne d'injection en branche froide du RIS-RA.

La section maximale pour une brèche en branche froide correspond à la section de la ligne d'injection de sécurité.

Le chargement d'amplitude maximale est situé, comme dans le cas de la rupture de la ligne d'expansion, dans le faisceau tubulaire du générateur de vapeur, et vaut approximativement \square (voir figure [FIG-3.6.1.3.7](#)).

Les principaux résultats pour la rupture de ligne d'expansion ainsi que pour la rupture de la ligne d'injection de sécurité sont donnés dans le tableau [TAB-3.6.1.3.3](#).

2.2. CHARGEMENTS SUR LES INTERNES DE CUVE APRÈS UN APRP

Cette partie décrit les chargements hydrauliques exercés sur les équipements se trouvant à l'intérieur de la cuve du réacteur, après un accident de référence de type APRP. Les équipements internes de la

cuve du réacteur doivent pouvoir résister à des chargements hydrauliques engendrés par un APRP, principalement pour les deux raisons suivantes :

- Le déplacement des guides de grappes doit être limité de manière à garantir un arrêt sûr du réacteur ;
- La géométrie du cœur doit être conservée afin d'assurer un refroidissement adéquat des assemblages du combustible.

Une brèche initie une décharge soudaine du liquide engendrant des ondes de raréfaction qui se propagent dans le réseau, en amont et en aval de la brèche, en sens opposé. Ainsi, les ondes de raréfaction pénètrent à la fois dans le plénum supérieur et dans l'espace annulaire de la cuve. Les deux ondes de raréfaction et les ondes de pression générées à l'intérieur du réacteur dépendent de l'emplacement et de la nature de la brèche envisagée.

Les chargements hydrauliques générés sur les équipements internes de cuve dépendent du temps et diffèrent en horizontal et en vertical.

Dans le cas d'une brèche localisée côté branche chaude, l'onde de raréfaction pénètre en premier dans le plénum supérieur. L'onde de raréfaction qui pénètre dans l'espace annulaire de la cuve est moins importante et arrive plus tard. Les ondes de pression induites à l'intérieur de la cuve provoquent :

- Des forces horizontales sur les internes du plénum supérieur ;
- Des forces verticales sur la plaque support des guides de grappes, sur les plaques inférieure et supérieure de cœur, sur les assemblages du combustible et le réflecteur lourd.

En cas de brèche localisée côté branche froide, l'onde de raréfaction atteint en premier l'espace annulaire. Par conséquent, l'enveloppe du cœur est alors soumise à un chargement radial en pression, dissymétrique, qui change au fur et à mesure que l'onde de raréfaction se propage circonférentiellement et verticalement le long de l'enveloppe. En plus de ces chargements horizontaux exercés sur l'enveloppe du cœur, des chargements verticaux sont exercés sur les internes de cuve et sur les assemblages de combustible.

2.2.1. Méthode d'obtention des chargements hydrauliques




Pour les internes du plénum supérieur (c'est-à-dire les guides de grappes, les colonnes support et les colonnes pour les mesures de niveau), l'interaction du fluide et de la structure est considérée.

Les chargements exercés sur les autres équipements internes sont calculés en utilisant les résultats du calcul de décompression S-TRAC, tels que la pression, la vitesse et la masse volumique.

Les évolutions temporelles des chargements hydrauliques sont ensuite utilisées pour les analyses dynamiques des structures.

Les emplacements des 18 chargements verticaux et des 24 chargements horizontaux, nécessaires pour l'analyse de structure, sont répertoriés dans le tableau [TAB-3.6.1.3.4](#). Outre ces chargements, les chargements exercés sur chaque guide de grappe, sur chaque colonne support et sur chaque colonne de mesure de niveau dans le plénum supérieur sont également calculés.

Afin d'analyser la propagation d'onde dans le fluide, l'ensemble du circuit primaire fait l'objet d'une simulation (la cuve du réacteur, le réseau de tuyauteries du circuit primaire, les générateurs de vapeur, les pompes et le pressuriseur).  La modélisation de la cuve est présentée sur les figures [FIG-3.6.1.3.8](#) et [FIG-3.6.1.3.9](#).

Le déplacement des internes du plénum supérieur, provoqué par les chargements hydrauliques qui s'exercent est décrit par des équations linéaires en 2-D pour éléments de type poutre élastique. Les conditions limites de déplacement et de rigidité rotationnelle sont spécifiées en haut et en bas de

chaque colonne afin de modéliser le type de fixation. Le modèle simule les 89 guides de grappes, les □ colonnes support et les □ colonnes de mesure de niveau.

2.2.2. Conditions initiales et conditions limites pour différents emplacements de brèches

Les conditions de fonctionnement en prolongation de cycle, plus pénalisantes que celles du fonctionnement normal à pleine puissance, sont choisies pour l'état initial du circuit primaire. Étant donné que l'exclusion de rupture s'applique à la tuyauterie principale du circuit primaire de FA3, seules les ruptures sur les lignes connectées qui sont répertoriées dans le tableau [TAB-3.6.1.3.7](#) doivent être prises en considération.

La ligne d'expansion et les lignes d'injection de sécurité sont celles de plus grand diamètre intérieur. De fait les chargements dimensionnant sont fournis par la rupture d'une de ces lignes.

Après rupture complète de la tuyauterie supposée se produire à l'emplacement de la première soudure de la ligne connectée, il est considéré que la section de passage du fluide à la brèche croît linéairement pour atteindre la pleine section en 1 milliseconde.

Sachant que la ligne d'expansion est reliée à la boucle 3, on suppose que la brèche sur la ligne d'injection de sécurité se trouve également sur la boucle 3.

Les conditions initiales de fonctionnement ainsi que les caractéristiques des deux brèches postulées sont répertoriées dans le tableau [TAB-3.6.1.3.5](#). Les brèches de plus grande taille postulées sur la ligne d'expansion et sur une ligne d'injection de sécurité correspondent respectivement à la rupture guillotine doublement débattue de la ligne d'expansion (□ cm²) connectée en branche chaude et à la rupture de même type de la ligne d'injection de sécurité □ cm² connectée en branche froide.

2.2.3. Chargements hydrauliques

2.2.3.1. Chargements hydrauliques après une rupture de la ligne d'expansion

À l'ouverture de la brèche (ouverture linéaire en 0,001 s), la pression chute immédiatement au droit de la brèche. Une onde de raréfaction se propage en direction du plénum supérieur de la cuve (figure [FIG-3.6.1.3.10](#)) et est fortement réfléchi à l'entrée du plénum supérieur.

Après 0,1 s environ, les ondes s'amortissent considérablement, le comportement d'ensemble est quasi stable, la pression dans le circuit primaire diminue lentement de manière continue.

Le débit massique à la brèche et la vitesse radiale à proximité du guide de grappe n° 8 dans le plénum supérieur sont donnés sur la figure [FIG-3.6.1.3.11](#).

Le guide de grappe n° □, est exposé aux chargements hydrauliques les plus élevés. Le chargement hydraulique et le déplacement en transitoire sont présentés sur la figure [FIG-3.6.1.3.12](#).

Les chargements/déplacements de la colonne support □ et de la colonne de mesure □ les plus sollicitées sont illustrés respectivement sur les figures [FIG-3.6.1.3.13](#) et [FIG-3.6.1.3.14](#).

2.2.3.2. Chargements hydrauliques après une rupture de la ligne d'injection de sécurité

La chute de pression initiale à la brèche est de même nature que celle résultant de la brèche résultant de la rupture de la ligne d'expansion. Toutefois, le temps nécessaire à l'onde de raréfaction pour pénétrer dans le plénum supérieur et son amplitude sont différents (voir figure [FIG-3.6.1.3.15](#)).

La brèche étant plus petite, le débit de la brèche est inférieur à celui de la brèche de la ligne d'expansion (figure [FIG-3.6.1.3.16](#)). La pression du circuit primaire diminue donc plus lentement.

La vitesse radiale dans le plénum supérieur à proximité du guide de grappe n° 8 est donnée sur la figure [FIG-3.6.1.3.16](#).

Le guide de grappe n° 1 est également le plus sollicité. Le chargement hydraulique et le déplacement en transitoire sont illustrés sur la figure [FIG-3.6.1.3.17](#).

Comme pour la brèche de la ligne d'expansion, la colonne support 1 (figure [FIG-3.6.1.3.18](#)), est la plus sollicitée. La colonne de mesure n° 1, est également la plus sollicitée (figure [FIG-3.6.1.3.19](#)).

2.2.3.3. Comparaison des deux cas de brèche

Pour chaque cas de brèche, 18 chargements verticaux (FV1 à FV18) et 24 chargements horizontaux (FH1 à FH24) exercés sur les équipements internes de la cuve sont calculés.

Les chargements FV15 à FV18 correspondent respectivement aux chargements verticaux appliqués sur les internes inférieurs, sur les internes supérieurs, sur le combustible, sur la cuve et l'ensemble des internes. Ces chargements sont obtenus à partir des chargements élémentaires FV1 à FV14.

Les chargements FH21 et FH22 correspondent aux chargements horizontaux exercés sur les internes supérieurs. Ces chargements sont obtenus en sommant les chargements horizontaux sur l'ensemble des guides de grappes, des colonnes supports et des colonnes de mesure de niveau.

Les valeurs maximales (en absolu) des chargements hydrauliques verticaux et horizontaux, ainsi que des déplacements des internes supérieurs sont répertoriées dans le tableau [TAB-3.6.1.3.6](#) et [TAB-3.6.1.3.7](#) pour la brèche de la ligne d'expansion (« branche chaude ») et la brèche de la ligne d'injection de sécurité (« branche froide »).

Une comparaison des résultats obtenus pour les deux brèches est faite sur la base des chargements FV15 à FV18, FH21 et FH22. La dénomination de chacun des chargements est donnée ci-après :

- FV15 – Chargement vertical sur l'ensemble des internes inférieurs – [FIG-3.6.1.3.20](#) ;
- FV16 – Chargement vertical sur l'ensemble des internes supérieurs – [FIG-3.6.1.3.21](#) ;
- FV17 – Chargement vertical sur l'ensemble des assemblages de combustible – [FIG-3.6.1.3.22](#) ;
- FV18 – Chargement vertical sur la cuve et les internes – [FIG-3.6.1.3.23](#) ;
- FH21 – Chargement horizontal sur l'ensemble des internes du plenum supérieur dans la direction X – [FIG-3.6.1.3.24](#) ;
- FH22 – Chargement horizontal sur l'ensemble des internes du plenum supérieur dans la direction Y – [FIG-3.6.1.3.25](#).

Nota : Le système de coordonnées (x, y) est différent pour les deux cas analysés.

2.3. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE SYSTÈME DE DÉCHARGE DU PRESSURISEUR

2.3.1. Introduction

Afin de limiter les surpressions dans le circuit primaire, le pressuriseur est équipé de soupapes de sûreté. L'ouverture de ces soupapes de sûreté permet, en cas de besoin, de décharger du fluide primaire (eau liquide ou vapeur) par la ligne de décharge jusqu'au réservoir de décharge du pressuriseur. La vapeur évacuée lors des décharges est condensée dans le liquide présent dans le fond du réservoir. Une fois que la pression dans le pressuriseur est redevenue inférieure à la pression de consigne de fermeture, les soupapes de sûreté se referment. L'ouverture et la fermeture rapides des soupapes de sûreté génèrent des chargements sur la ligne de décharge et sur les équipements internes du réservoir de décharge.

Après l'ouverture d'une soupape de sûreté, les phénomènes physiques sont les suivants :

- Lors de la première ouverture d'une soupape de sûreté, l'eau condensée en amont de la soupape et formant un joint d'étanchéité permettant d'éviter toute accumulation excessive d'hydrogène en amont de la soupape (appelé "bouchon d'eau" ci-après) est évacué par la soupape de sûreté. En

cas de réouverture, le fluide se trouvant en amont de la soupape de sûreté peut être soit sous forme vapeur, soit sous forme liquide.

- Suite à l'ouverture d'une soupape, du fluide primaire s'écoule dans la ligne de décharge et repousse les incondensables initialement présents dans les tuyauteries en amont du réservoir de décharge. Le fluide déchargé se déplace rapidement provoquant une hausse de la pression et de la densité dans la ligne et dans le réservoir.
- Sauf dans le cas où il s'agit d'eau froide , la plupart de l'eau (sous-saturée ou à saturation) s'évapore dans la tuyauterie en aval des soupapes de sûreté.
- L'eau froide initialement présente dans le réservoir (donc également dans le barboteur), puis des incondensables, et finalement la vapeur ou le mélange liquide-vapeur sont repoussés à l'intérieur du réservoir de décharge au travers du barboteur du fait de l'écart de pression croissant entre la ligne et le réservoir. L'eau froide contenue dans le réservoir de décharge et la pression croissante provoquent la condensation de la vapeur déchargée. La variation de la quantité de mouvement du fluide entrant dans le RDP crée un chargement vertical sur le réservoir de décharge.

Au début du processus d'ouverture, l'écart de pression de part et d'autre de la soupape de sûreté est maximal et localisé au niveau du clapet. Le gradient de pression dans la tuyauterie diminue le long de la ligne de décharge. Cela signifie qu'à proximité des soupapes de sûreté, même dans les tronçons de tuyauterie (un tronçon est limité par deux coudes) les plus courts des chargements importants peuvent se produire. Plus en aval, les tronçons les plus longs i.e. ceux au sein desquels une différence de pression significative s'installe, seront ceux soumis aux chargements les plus élevés.

Les chargements hydrauliques dont il est question ici concernent : les tronçons de la tuyauterie de décharge et les équipements internes du réservoir de décharge (tuyau central vertical et barboteur). Ces chargements sont engendrés par :

- l'ouverture des soupapes (d'une ou plusieurs selon les cas) à leurs pressions de tarage respectives,
- un changement de phase du fluide déchargé (par exemple, d'une phase de vapeur à une phase d'eau sous-saturée),
- l'écoulement dans la ligne de décharge,
- et par la fermeture des soupapes (d'une ou plusieurs selon les cas) une fois que la pression du circuit primaire est redevenue inférieure aux pressions respectives de fermeture des soupapes.

Les chargements hydrauliques sur les tronçons de la tuyauterie sont causés par le processus d'ouverture-fermeture et éventuellement par le changement d'état du fluide dans le pressuriseur (par exemple : transition liquide-gaz engendrée par la montée du niveau dans le pressuriseur). Ces chargements sont de courte durée.

À l'inverse, les chargements qui s'exercent sur les internes du réservoir de décharge sont de longue durée, car ils sont principalement déterminés par le débit massique du fluide déchargé.

Parmi les situations de catégories 3 et 4 du dossier des situations, les transitoires suivants, sollicitent l'ouverture des soupapes de sûreté (il est à noter qu'aucun transitoire de catégorie 2 n'engendre d'ouverture des soupapes, sauf essais spécifiques) :

- Situation 3.1 : Fermeture intempestive d'une seule / de toutes les vannes d'isolement de vapeur,
- Situation 3.6 : Petite brèche secondaire,
- Situation 3.7 : Ouverture intempestive d'une soupape de sûreté du pressuriseur,
- Situation 4.1 : Anticipated Transient Without Scram (ATWS - Transitoire sans arrêt d'urgence du réacteur),
- Situation 4.5 : Rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (RTE),
- Situation 4.7 : Perte totale de l'eau alimentaire (transitoire représentatif d'une conduite en gavé-ouvert),


- Situation 4.9 : Surpression à froid de catégorie 4.


Des essais ainsi que des calculs antérieurs ont montré que (en comparaison de décharge de vapeur) les cas de décharge d'eau sous-saturée sont ceux qui engendrent les chargements les plus importants sur les tronçons de la ligne de décharge. Cette décharge d'eau liquide mène d'une part à un transfert de quantité de mouvement plus élevé et d'autre part à un débit massique plus élevé. La physique détaillée en aval des soupapes de sûreté (comme l'évaporation rapide présente dans la tuyauterie) est traitée automatiquement par le logiciel utilisé.

Les décharges d'eau sous-saturée peuvent être de plusieurs sortes :

- décharge du bouchon d'eau suivi par une décharge en vapeur,
- décharge de vapeur suivie par de l'eau sous-saturée suite au remplissage du pressuriseur,
- ou encore, décharge intégralement en eau liquide (pressuriseur plein)




Comme mentionné ci-dessus, le débit massique joue un rôle primordial pour les forces exercées sur les équipements internes du réservoir de décharge. Il est déterminé par l'écoulement et la géométrie des internes, la pression dans le réservoir et le nombre de soupapes de sûreté sollicitées.

En catégorie 3, la situation 3.1 (Fermeture intempestive d'une seule ou de la totalité des soupapes d'isolement de vapeur principales) présente l'augmentation de pression la plus importante,  (voir figure [FIG-3.6.1.3.26](#)). Par ailleurs, après quelque temps, le pressuriseur finit par être complètement rempli d'eau. La décharge se fait alors en eau liquide (voir figure [FIG-3.6.1.3.27](#)).

En catégorie 4, la situation 4.1 (ATWS) présente le pic de pression primaire le plus élevé des situations de catégorie 4 . Là encore, après quelque temps, les soupapes de sûreté finissent par décharger en eau liquide.

Les informations importantes relatives aux températures du fluide dans le pressuriseur sont présentées sur la figure [FIG-3.6.1.3.28](#). Les situations 3.1 et 4.1 engendrent des augmentations importantes et rapides (environ 20s) de la température de la phase vapeur dues aux augmentations rapides de pression lors de ces transitoires. La situation 3.6 (petite brèche secondaire), engendre également une hausse de la température, mais il s'agit là d'un processus plus lent (environ 25 min).

Compte tenu des situations mentionnées ci-dessus, engendrant la décharge de fluide par les soupapes de sûreté du pressuriseur, les configurations de décharge suivantes ont été déterminées :

- 1) La configuration « liquide/vapeur - vapeur » suppose que le volume de la phase vapeur saturée présente en amont de la soupape de sûreté avant son ouverture est suffisant pour garantir une décharge uniquement en vapeur jusqu'à la refermeture de la soupape (à l'exception de l'évacuation du bouchon d'eau déjà mentionné). La soupape de sûreté s'ouvre dans des conditions de fonctionnement en eau du fait de la présence du bouchon d'eau  en amont des soupapes de sûreté. L'évacuation de l'eau sous-saturée du bouchon est immédiatement suivie par une décharge en vapeur. Le processus de refermeture de la soupape s'effectue dans des conditions de fonctionnement en vapeur.
- 2) La configuration « vapeur - eau » suppose que le volume de la phase vapeur saturée présente en amont des soupapes de sûreté avant son ouverture est insuffisant pour garantir une décharge uniquement en vapeur jusqu'à la refermeture de la soupape. Cette combinaison suppose que le bouchon d'eau ait été évacué lors d'une précédente ouverture de la soupape. Les soupapes de sûreté s'ouvrent dans des conditions de fonctionnement en vapeur et se ferment dans des conditions de fonctionnement en eau.
- 3) La configuration « liquide - liquide » suppose que l'intégralité du pressuriseur est rempli d'eau sous-saturée avant l'ouverture de la soupape. Les soupapes de sûreté s'ouvrent et se ferment dans des conditions de fonctionnement en eau (par exemple, la situation 4.7 perte totale de l'eau alimentaire qui est représentative d'une conduite en gavé-ouvert).
- 4) Afin d'éviter tout risque de rupture fragile dans les états d'arrêt à froid , la pression du circuit primaire est limitée par deux ou trois soupapes de sûreté dont la pression de tarage est fixée au maximum à  bar (70 bar + 2,5 bar d'incertitude pour la 3^{ème} soupape). La situation 4.9

(surpression à froid de catégorie 4) correspond à une configuration « eau froide - eau froide », le circuit primaire étant initialement entièrement monophasique et à basse température lors de cette situation.

2.3.2. Méthode analytique pour déterminer les chargements hydrauliques

Les chargements hydrauliques s'exerçant sur le système de décharge du pressuriseur sont calculés en deux étapes. Tout d'abord, les évolutions temporelles des principaux paramètres thermohydrauliques (pression, débit massique, qualité, température, etc.) sont calculées suite à la sollicitation des soupapes de sûreté. Dans un second temps, les résultats obtenus sont utilisés en conjonction avec les caractéristiques géométriques des lignes, telles que les sections et les longueurs, afin de calculer l'évolution temporelle des chargements correspondants sur les tronçons de la ligne de décharge.

□

2.3.3. Situations, conditions initiales et conditions limites

Les éléments du système de décharge du pressuriseur ont été modélisés afin d'effectuer les calculs de dynamique du fluide □.

Les situations 3.1 et 4.1 sont retenues comme cas dimensionnants, car elles présentent les pressions primaires les plus élevées dans leur catégorie. Différents sous-cas sont envisagés afin de représenter différents types de décharge « liquide/vapeur – vapeur », « vapeur - liquide » et « liquide - liquide ». Pour la phase liquide, une valeur raisonnable de sous-saturation est prise en compte.

Les données les plus importantes à prendre en compte concernant les soupapes de sûreté sont les données géométriques (diamètres et longueurs en entrée et sortie des soupapes, voir figure [FIG-3.6.1.3.31](#)) et les temps de réponses des soupapes (ouverture et fermeture sous différentes conditions de fonctionnement : en eau saturée, sous-saturée, en vapeur saturée).

□

Les évolutions de pression dans la ligne d'expansion du pressuriseur (par exemple, pour le transitoire de charge 4.1 cf. figure [FIG-3.6.1.3.32](#)) et les variations de température de la vapeur et de l'eau liquide du circuit primaire sont imposées comme conditions initiales et conditions limites pour chaque cas de calcul considéré.

□

L'évolution de pression prise en compte présentée en figure [FIG-3.6.1.3.32](#) □ est nécessaire au calcul des efforts s'exerçant sur certaines parties du barboteur dans le réservoir de décharge. Par ailleurs, cette évolution de pression conduit à des chargements supérieurs dans la ligne de décharge comparativement à une pression primaire constante fixée à la pression d'ouverture de la soupape de sûreté. En effet, en raison de la compression de la vapeur en amont des soupapes de sûreté (avant l'atteinte de la pression d'ouverture), la phase vapeur présente dans le pressuriseur quitte l'état saturé. Au cours de l'augmentation de la pression, la vapeur est légèrement surchauffée, la température du fluide est donc supérieure à la température de saturation.

Dans les cas les plus pénalisants, soit les trois soupapes de sûreté s'ouvrent en fonction de leurs pressions d'ouverture respectives, soit deux soupapes de sûreté s'ouvrent simultanément du fait de l'incertitude □ sur la pression de tarage. □

2.3.4. Chargements hydrauliques

Les chargements hydrodynamiques sur le système de décharge du pressuriseur sont la conséquence de l'ouverture, du(es) changement(s) de phase lors de la décharge et de la fermeture de la soupape. Au début du calcul, le circuit primaire à pression élevée est isolé de la ligne de décharge et du RDP grâce aux soupapes de sûreté qui sont initialement fermées. En amont des soupapes de sûreté, le fluide primaire est, selon le cas, sous forme de vapeur saturée ou en eau sous-refroidie, tandis qu'en

aval des soupapes, la ligne de décharge est remplie de gaz incondensable. Au cours et après l'ouverture d'une ou de plusieurs soupape(s) de sûreté, l'écart de pression s'exerçant sur les surfaces d'un volume de contrôle fluide provoque son accélération. La pression et la densité dans la ligne en aval du volume fluide augmentent sous l'effet de la propagation du fluide dans la ligne de décharge. Les chargements sur les tronçons de la tuyauterie (délimités par deux coudes à leurs extrémités) sont particulièrement élevés lorsque le front du fluide atteint la première extrémité (mesuré à partir des soupapes de sûreté) du tronçon considéré.

Les résultats correspondent à la somme des débits massiques passant par les soupapes de sûreté et aux chargements exercés sur les tronçons de la ligne ainsi que sur les internes du réservoir de décharge. Les figures [FIG-3.6.1.3.33](#) à [FIG-3.6.1.3.35](#) donnent des exemples pour la dénomination des forces.

TAB-3.6.1.3.1 LISTE DES LIGNES CONNECTÉES AUX BOUCLES PRIMAIRES

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.3

PAGE 18/58

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TAB-3.6.1.3.2 CONDITIONS INITIALES ET AUX LIMITES

□

TAB-3.6.1.3.3 PRINCIPAUX RÉSULTATS

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.3

PAGE 20/58

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TAB-3.6.1.3.4 LISTE DES CHARGEMENTS VERTICAUX ET HORIZONTAUX

□

**TAB-3.6.1.3.5 CONDITIONS INITIALES ET CONDITIONS
LIMITES**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.3

PAGE 22/58

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**TAB-3.6.1.3.6 CHARGEMENTS HYDRAULIQUES
VERTICAUX ET HORIZONTALS MAXIMAUX (EN ABSOLU)**

□

**TAB-3.6.1.3.7 CHARGEMENTS ET DÉPLACEMENTS MAXIMAUX DES INTERNES
SUPÉRIEURS LES PLUS SOLLICITÉS**

□

FIG-3.6.1.3.1 MODÈLE DE LA BOUCLE 3



FIG-3.6.1.3.2 MODÈLE DE LA CUVE ET DE LA BOUCLE 3

□

FIG-3.6.1.3.3 MODÈLE DE LA BRANCHE EN U DE LA BOUCLE 3

□

FIG-3.6.1.3.4 MODÈLE DE LA LIGNE D'EXPANSION

□

FIG-3.6.1.3.5 RUPTURE DE LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION À LA BRÈCHE ET À LA SORTIE DE LA CUVE POUR DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT À PLEINE PUISSANCE

□

**FIG-3.6.1.3.6 RUPTURE DE LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION
DANS LE FAISCEAU TUBULAIRE ET DANS LA BRANCHE EN U
POUR DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT À PLEINE
PUISSANCE**

□

**FIG-3.6.1.3.7 COMPARAISON DES CHARGEMENTS MAXIMAUX
POUR DIFFÉRENTS CAS**

□

**FIG-3.6.1.3.8 MODÉLISATION DANS LE PLAN HORIZONTAL DE LA
CUVE DU RÉACTEUR**

□

□

**FIG-3.6.1.3.9 MODÉLISATION DANS LE PLAN VERTICAL DE LA
CUVE DU RÉACTEUR**

**FIG-3.6.1.3.10 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – PRESSION
À L'EMPLACEMENT DE LA BRÈCHE ET DANS LE PLÉNUM
SUPÉRIEUR** 



FIG-3.6.1.3.11 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION – DÉBIT MASSIQUE À LA BRÈCHE ET VITESSE RADIALE ENTRE DEUX GUIDES DE GRAPPES □ DANS LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □

□

**FIG-3.6.1.3.12 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION –
CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DU GUIDE DE GRAPPE LE
PLUS SOLLICITE** □

□

**FIG-3.6.1.3.13 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION –
CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE SUPPORT LA
PLUS SOLLICITÉE** 



**FIG-3.6.1.3.14 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'EXPANSION –
CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE DE MESURE
DE NIVEAU LA PLUS SOLLICITÉE** □

□

FIG-3.6.1.3.15 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ
– PRESSION À L'EMPLACEMENT DE LA BRÈCHE ET DANS LE
PLÉNUM SUPÉRIEUR 



**FIG-3.6.1.3.16 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ
– DÉBIT MASSIQUE À LA BRÈCHE ET VITESSE RADIALE ENTRE
DEUX GUIDES DE GRAPPES □ AU NIVEAU DES AJUTAGES DANS
LE PLÉNUM SUPÉRIEUR □**

□

FIG-3.6.1.3.17 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ
- CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DU GUIDE DE GRAPPE LE
PLUS SOLLICITÉ □

□

FIG-3.6.1.3.18 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ
- CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE SUPPORT
LA PLUS SOLLICITÉE 



FIG-3.6.1.3.19 BRÈCHE SUR LA LIGNE D'INJECTION DE SÉCURITÉ
– CHARGEMENT ET DÉPLACEMENT DE LA COLONNE DE MESURE
DE NIVEAU LA PLUS SOLLICITÉE 



**FIG-3.6.1.3.20 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES
INTERNES INFÉRIEURS DE LA CUVE**

□

**FIG-3.6.1.3.21 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES
INTERNES SUPÉRIEURS DE LA CUVE**

□

FIG-3.6.1.3.22 CHARGEMENT VERTICAL SUR L'ENSEMBLE DES ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLE

□

FIG-3.6.1.3.23 CHARGEMENT VERTICAL SUR LA CUVE ET LES INTERNES

□

**FIG-3.6.1.3.24 CHARGEMENT HORIZONTAL SUR LES INTERNES
SUPÉRIEURS (DIRECTION X)**

**FIG-3.6.1.3.25 CHARGEMENT HORIZONTAL SUR LES INTERNES
SUPÉRIEURS (DIRECTION Y)**

□

FIG-3.6.1.3.26 PRESSION INITIALE ET PRESSION MAXIMALE

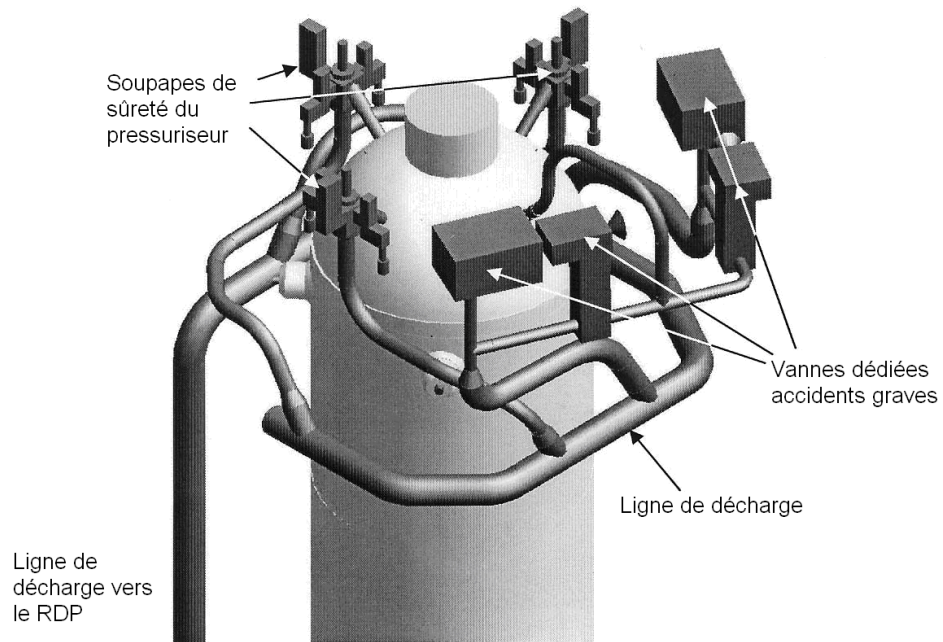


**FIG-3.6.1.3.27 NIVEAU D'EAU INITIAL ET NIVEAU D'EAU MAXIMAL
DANS LE PRESSURISEUR**

□

FIG-3.6.1.3.28 TEMPÉRATURES INITIALE, MAXIMALE ET MINIMALE DANS LE PRESSURISEUR

□

FIG-3.6.1.3.29 PRESSURISEUR, SOUPAPES ET DÉBUT DE LA LIGNE DE DÉCHARGE

**FIG-3.6.1.3.30 MODÈLE UTILISÉ POUR LES ÉQUIPEMENTS
INTERNES DU RÉSERVOIR DE DÉCHARGE (TUYAU CENTRAL
VERTICAL ET BARBOTEUR)**



FIG-3.6.1.3.31 SCHÉMA DE LA SOUPEPE DE SÛRETÉ 

FIG-3.6.1.3.32 CONDITION LIMITE EN PRESSION DANS LA LIGNE D'EXPANSION POUR LE TRANSITOIRE

4.1

□

FIG-3.6.1.3.33 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DE FORCES POUR LA TUYAUTERIE

**FIG-3.6.1.3.34 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DE FORCES POUR
LES ÉQUIPEMENTS INTERNES DU RÉSERVOIR DE DÉCHARGE**

**FIG-3.6.1.3.35 EXEMPLE DE DÉNOMINATION DES FORCES
EXERCÉES SUR DES PARTIES DU BARBOTEUR DANS LE
RÉSERVOIR DE DÉCHARGE**

□

SOMMAIRE

.3.6.1.4 CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE SYSTEME SECONDAIRE (RTV)	3
1. CHARGEMENTS SUR LA TUYAUTERIE	3
1.1. DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES	3
1.2. CONCEPT D'EXCLUSION DE RUPTURE	3
1.3. RUPTURES CONSIDÉRÉES POUR LE DIMENSIONNEMENT	3
1.4. MÉTHODE D'ANALYSE	4
1.5. CHARGEMENT HYDRAULIQUE APRÈS UNE RTV	4
1.5.1. HYPOTHÈSES SPÉCIFIQUES	4
1.5.2. CONSÉQUENCES DES RUPTURES POSTULÉES	5
2. CHARGEMENTS SUR LES INTERNES GV	5
2.1. INTRODUCTION	5
2.2. DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES	5
2.3. MÉTHODE ET MODÈLES	6
2.3.1. CODE DE CALCUL	6
2.3.2. MODÉLISATION DU GÉNÉRATEUR DE VAPEUR	6
2.4. CONDITIONS INITIALES ET AUX LIMITES	6
2.5. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LES INTERNES DE GV (CAS RTV)	7

FIGURES :

FIG–3.6.1.4.1 MODELISATION [] DE LA LIGNE VAPEUR PRINCIPALE DU GV02 (NUMERO DES FORCES)	8
FIG–3.6.1.4.2 POSITION DES BRECHES AU NIVEAU DE LA TRAVERSEE ENTRE L'ILOT NUCLEAIRE ET LA SALLE DES MACHINES (VVP).....	9
FIG–3.6.1.4.3 FORCE DE REACTION F9 SUR TUYAUTERIE AMONT BRECHE (BRECHE A L'EXTERIEUR DE LA TRAVERSEE, VVP)	10
FIG–3.6.1.4.4 GV 79/19TE – [] VOLUMES DE CALCUL.....	11
FIG–3.6.1.4.5 GV 79/19TE – ÉVOLUTION TEMPORELLE DES PERTES DE CHARGE DES PLAQUES ENTRETOISES NUMÉRO 7, 8 ET 9 LORS D'UNE RTV	12

.3.6.1.4 CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LE SYSTEME SECONDAIRE (RTV)

1. CHARGEMENTS SUR LA TUYAUTERIE

L'évolution temporelle des chargements hydrodynamiques exercés sur les tuyauteries du circuit de vapeur principal (VVP) en cas de rupture de tuyauterie est déterminée afin d'effectuer des analyses mécaniques dynamiques.

Ces analyses ont pour objectifs de :

- Justifier la tenue mécanique de la tuyauterie ;
- Justifier le supportage de la ligne vapeur principale ;
- Démontrer l'applicabilité du concept d'exclusion de rupture.

1.1. DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES

Dans le cas d'une rupture de type guillotine totale, tuyauteries complètement débattues, de ligne vapeur principale (VVP), la pression chute de manière instantanée au niveau de la brèche, tandis que le débit atteint une valeur élevée à cet endroit. Une onde de pression se forme au niveau de la brèche et se propage de part et d'autre de la brèche, en direction du générateur de vapeur (GV) et en direction de la turbine. Il s'ensuit alors une décompression du système et une accélération du fluide dans la ligne vapeur principale.

1.2. CONCEPT D'EXCLUSION DE RUPTURE

Le concept d'exclusion de rupture du circuit de vapeur principal s'applique de la manière suivante :

- À l'intérieur du bâtiment réacteur :
Le concept d'exclusion de rupture s'applique à la portion de ligne vapeur principale comprise entre la sortie du GV et le point fixe de la traversée du bâtiment réacteur.
- À l'extérieur du bâtiment réacteur :
Le concept d'exclusion de rupture s'applique à la ligne vapeur principale comprise entre le point fixe situé à la traversée du bâtiment réacteur et le premier point fixe situé en aval de la vanne d'isolement vapeur. Cette partie comprend également les 3 plus gros piquages, à savoir le piquage de la ligne VDA et les 2 piquages des lignes de décharge par les soupapes de sûreté. Vanne et soupapes sont soudées directement sur les piquages extrudés de la ligne vapeur principale.
Le concept d'exclusion de rupture ne s'applique pas au reste de la tuyauterie principale vapeur située après le point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur, ni à la ligne de contournement de la vanne d'isolement vapeur, incluant les 2 piquages, ni aux lignes situées en aval de la vanne VDA et des 2 soupapes de sûreté.

1.3. RUPTURES CONSIDÉRÉES POUR LE DIMENSIONNEMENT

En application du concept d'exclusion de rupture : la rupture des tuyaux de ligne vapeur principale est uniquement postulée en aval du point fixe de la vanne d'isolement vapeur.

Dans le cadre de la défense en profondeur, et ce malgré le concept d'exclusion de rupture appliqué aux 3 plus gros piquages (vanne VDA et soupapes), la rupture de ces piquages est étudiée en considérant des hypothèses réalistes. Cette procédure est conforme aux exigences contenues dans les Directives Techniques relatives à l'application du principe d'exclusion de rupture aux tuyauteries secondaires principales, à savoir : « le concepteur doit supposer que n'importe quel tuyau connecté aux lignes secondaires principales peut se détacher de son piquage ».

Les brèches dimensionnantes considérées pour les justifications mécaniques sont donc les suivantes :

- La brèche guillotine doublement débattue, postulée en aval du point fixe situé en aval de la vanne d'isolement vapeur,
- La brèche faisant suite à la rupture de la ligne de contournement de la vanne d'isolement vapeur,
- La brèche faisant suite à la rupture du piquage de la ligne VDA (étudiée au moyen d'hypothèses réalistes), ou,
- La brèche faisant suite à la rupture du piquage d'une ligne de décharge d'une soupape de sûreté (étudiée au moyen d'hypothèses réalistes).

Les trois dernières ruptures mentionnées ici ne nécessitent pas de calcul de transitoires pour rendre compte des chargements hydrauliques induits, car on considère un chargement statique enveloppe (pour plus d'informations, voir section 3.4.2). Par conséquent, le reste de cette partie ne fait aucunement référence à ces types de ruptures.

1.4. MÉTHODE D'ANALYSE

Analyse de la décompression du système secondaire

□ Ce code permet de calculer les variations des paramètres thermohydrauliques du fluide au cours de la décompression du circuit secondaire en fonction du temps. □

Calcul des chargements hydrauliques

□

1.5. CHARGEMENT HYDRAULIQUE APRÈS UNE RTV

1.5.1. Hypothèses spécifiques

Choix de la ligne modélisée

Les lignes vapeur principales des générateurs de vapeur GV01 et GV02 sont respectivement identiques aux lignes vapeur principales des générateurs de vapeur GV04 et GV03.

Cette étude prend pour modèle la modélisation de la ligne vapeur principale du GV02 (respectivement GV03) : voir figure [FIG-3.6.1.4.1](#).

Modélisation de la ligne vapeur principale

Concernant la ligne reliée au GV02, les éléments suivants ont été modélisés :

- Le dôme de vapeur du GV (représenté par un volume à pression constante) ;
- Le limiteur de débit au niveau de la sortie du GV ;
- La ligne vapeur principale conduisant au point fixe de la vanne d'isolement vapeur (en aval de la vanne d'isolement vapeur) ;
- Les trois coudes de la ligne vapeur principale à l'intérieur du bâtiment réacteur ;
- Les deux coudes de la ligne vapeur principale à l'extérieur du bâtiment réacteur.

Position des brèches

Deux brèches guillotines doublement débattues, de la ligne vapeur principale, sont étudiées. Ces deux brèches se situent au niveau de la traversée génie-civil entre l'îlot nucléaire et la salle des machines. On considère une brèche à l'intérieur de la traversée et l'autre à l'extérieur de la traversée, tel qu'illustré sur la figure [FIG-3.6.1.4.2](#).

Modélisation des brèches

On utilise le modèle de brèche guillotine totale, tuyauteries doublement débattues. Le diamètre de chaque brèche correspond au diamètre intérieur de la ligne vapeur. □

Conditions initiales

Plus la pression de saturation initiale du GV est élevée, plus les chargements hydrauliques initiaux des lignes vapeur principales sont importants. Afin d'obtenir les chargements enveloppes sur les tuyauteries en transitoire, les conditions initiales prises en compte correspondent au fonctionnement normal à basse charge. On tient compte d'une valeur de pression pénalisante □ (incertitudes incluses).

La pression de saturation du GV est plus importante en fonctionnement normal qu'en fonctionnement en prolongation de cycle. Par conséquent, les conditions de fonctionnement en prolongation de cycle sont plus favorables que celles du fonctionnement normal.

1.5.2. Conséquences des ruptures postulées

Dès lors que la rupture a eu lieu, le débit massique à la brèche atteint une valeur maximale en peu de temps, puis, la pression et le débit diminuent jusqu'à atteindre une valeur stabilisée.

□

□

p_0 : Pression initiale.

$A_{tuyauterie}$: Surface de la section de tuyauterie.

Ensuite, le chargement sur la traversée décroît progressivement sous l'effet de la baisse de pression et du débit massique à la brèche. Concernant la brèche au niveau de la traversée extérieure, la force de réaction qui s'exerce sur le tuyau en amont de la brèche (F9) est illustrée en figure [FIG-3.6.1.4.3](#).

Concernant la tuyauterie, les chargements hydrodynamiques sont donnés en fonction du temps. Ces forces transitoires entre deux coudes voisins sont principalement déterminées par la rampe de pression qui est induite à l'endroit de la brèche et qui se propage de la brèche au GV, puis en sens inverse.

2. CHARGEMENTS SUR LES INTERNES GV

2.1. INTRODUCTION

□

De manière conservatrice, la RTV est supposée être de type guillotine doublement débattue, située juste à l'aval du limiteur de débit et postulée dans une zone où s'applique le concept d'exclusion de rupture.

Cette étude permet de fournir les sollicitations maximales (différences de pression et efforts) qui s'exercent sur les internes supérieurs et inférieurs du GV.

2.2. DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES

La RTV entraîne une vidange du GV par la brèche, où le débit est critique. Une décompression très rapide du GV s'ensuit ainsi qu'un passage progressif à l'état diphasique de l'ensemble de l'eau contenue dans le GV, depuis la surface libre jusqu'à la plaque tubulaire. Ce changement de phase fait gonfler le niveau libre dans les cyclones ainsi que dans le ballon vapeur. On observe parallèlement un

fort écoulement ascendant, tant dans le faisceau que dans les retours d'eau avec l'existence d'un point de stagnation de débit situé généralement côté faisceau, au voisinage de la plaque de répartition de débit (PRD). Ces écoulements induisent des efforts importants sur la PRD, les plaques entretoises (PE) et les tirants, sur l'enveloppe de faisceau ainsi que sur les internes supérieurs (tore d'eau alimentaire et de secours, séparateurs, sécheurs) lorsqu'ils sont atteints par le niveau libre.

2.3. MÉTHODE ET MODÈLES

2.3.1. Code de calcul

□

Dans le cas de la RTV, l'état permanent initial est l'arrêt à chaud (équilibre des températures primaire et secondaire). Les paramètres d'entrée utilisés sont :

- un débit d'eau alimentaire nul durant toute la durée du transitoire,
- un débit et une température d'entrée primaire définis à partir de l'arrêt à chaud.

□

2.3.2. Modélisation du générateur de vapeur

Le générateur de vapeur est de type à économiseur axial avec deux retours d'eau. Le GV est divisé en □ branches et □ volumes. Chaque volume du modèle est caractérisé par son volume, sa hauteur et son diamètre hydraulique.

Les différents volumes correspondant au découpage géométrique du GV sont interconnectés par des liaisons. C'est au niveau de ces liaisons (entre deux volumes consécutifs) que sont appliquées les pertes de charge singulières par l'intermédiaire d'un coefficient rapporté à la section de référence de la liaison. À noter, qu'il existe également une liaison entre le ballon et le cyclone afin de modéliser la remontée éventuelle d'émulsion par les jupes des cyclones.

L'écoulement à travers la brèche provoquée par une rupture guillotine située immédiatement à l'aval du limiteur est sonique. La section de sortie du GV correspondante, est égale à la section au col du limiteur de débit constitué de □ tuyères.

2.4. CONDITIONS INITIALES ET AUX LIMITES

Les conditions initiales les plus pénalisantes pour un calcul de décompression lors d'une RTV correspondent à la pression secondaire la plus importante et au taux de vide minimum sous le niveau d'eau. Ce cas correspond aux conditions de l'arrêt à chaud.

Les efforts hydrauliques sur les internes du GV durant la décompression dépendent du niveau d'eau initial. Pour la plupart des internes, le cas pénalisant est celui d'un niveau initial situé à l'altitude de l'obstacle considéré.

Plusieurs phénomènes se produisent durant la RTV :

- Durant la décompression, le volume d'eau qui passe en double phase augmente plus que le volume de vapeur, ainsi, plus le niveau d'eau initial est bas, plus la décompression est rapide, et plus les chargements sont importants,
- Au contraire, si le niveau d'eau initial est en dessous de l'interne considéré, la densité du fluide quand le niveau d'eau atteint l'interne considéré est plus faible que la densité de l'eau à saturation, et le chargement sur l'obstacle est réduit.

La combinaison de ces deux phénomènes est telle que le chargement maximum est obtenu quand le niveau d'eau initial est localisé près de l'interne considéré.

Plusieurs calculs de RTV sont réalisés avec pour chacun un niveau d'eau initial différent, afin de maximiser les efforts appliqués sur les différents internes.

2.5. CHARGEMENTS HYDRAULIQUES SUR LES INTERNES DE GV (CAS RTV)

Un calcul permet d'obtenir l'évolution temporelle de la perte de charge à travers chaque plaque (voir figure [FIG-3.6.1.4.5](#)) ou demi-plaque entretoise et chaque demi plaque de répartition de débit. □ Les résultats temporels permettent aussi de déterminer l'écart de pression maximum entre les retours d'eau et de part et d'autre de l'enveloppe de faisceau.

Un second calcul avec un autre niveau initial permet de calculer les chargements sur les supports d'enveloppe et supports anti envol. Ils prennent en compte le chargement résultant de la différence de pression de chaque côté de l'enveloppe de faisceau ainsi que les efforts relatifs aux pertes de charge singulières et réparties sur l'enveloppe elle-même et sur les structures qui lui sont liées, tels que les séparateurs primaires et blocs anti sismiques. Le niveau initial dans ce cas a été déterminé par une étude de sensibilité.

D'autres calculs avec des niveaux initiaux différents permettent de déterminer les chargements sur les systèmes d'alimentation principaux et auxiliaires, ainsi que sur les séparateurs et les sécheurs.

Pour chacun de ces internes, le chargement est majoré de □ pour prendre en compte les incertitudes sur les coefficients pertes de charge.

□

**FIG-3.6.1.4.1 MODELISATION  DE LA LIGNE VAPEUR PRINCIPALE
DU GV02 (NUMERO DES FORCES)**

FIG-3.6.1.4.2 POSITION DES BRECHES AU NIVEAU DE LA TRAVERSEE ENTRE L'ILOT NUCLEAIRE ET LA SALLE DES MACHINES (VVP)

□

FIG-3.6.1.4.3 FORCE DE REACTION F9 SUR TUYAUTERIE AMONT BRECHE (BRECHE A L'EXTERIEUR DE LA TRAVERSEE, VVP)

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.1.4

PAGE 11/12

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.6.1.4.4 GV 79/19TE - [] VOLUMES DE CALCUL

[]

**FIG-3.6.1.4.5 GV 79/19TE – ÉVOLUTION TEMPORELLE DES
PERTES DE CHARGE DES PLAQUES ENTRETOISES NUMÉRO 7, 8
ET 9 LORS D'UNE RTV**

□

SOMMAIRE

.3.6.2 REFERENTIEL DE CONCEPTION DES MATERIELS MECANIQUES DE L'EPR DE CLASSE DE CONCEPTION ET DE REALISATION Q1, Q2 OU Q3	3
1. BASES DE CONCEPTION	3
1.1. RÉFÉRENTIEL RÉGLEMENTAIRE ET DOCUMENTS	
D'APPLICATION :	3
1.2. RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION APPLICABLES	3
2. RÉFÉRENTIEL DE CODIFICATION	7
3. CAS DE CHARGE, TRANSITOIRES ET LIMITES DE CONTRAINTES	8
3.1. COMPOSANTS DE NIVEAU DE QUALITÉ Q1	8
3.2. COMPOSANTS DE NIVEAUX DE QUALITE Q2 ET Q3	9
3.3. PRISE EN COMPTE DU SÉISME DANS LE DIMENSIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION	9
3.4. CAS PARTICULIERS DES ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION DONT LA RUPTURE COMPLÈTE OU LA FUITE EST EXCLUE DE LA DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ	11
4. OPÉRABILITÉ SOUS SÉISME DES POMPES ET DE LA ROBINETTERIE DE NIVEAUX DE QUALITÉ DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION Q2 ET Q3	11
4.1. POMPES	11
4.2. ROBINETTERIE	11
5. SUPPORTS DES COMPOSANTS	12
LISTE DE RÉFÉRENCES	13



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.2

PAGE 2/14

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

**TAB-3.6.2.1 CORRESPONDANCE ENTRE CLASSEMENT MÉCANIQUE ET
ESPN ET CLASSE DE QUALITÉ DE CONCEPTION ET DE
RÉALISATION..... 14**

.3.6.2 REFERENTIEL DE CONCEPTION DES MATERIELS MECANQUES DE L'EPR DE CLASSE DE CONCEPTION ET DE REALISATION Q1, Q2 OU Q3

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. RÉFÉRENTIEL RÉGLEMENTAIRE ET DOCUMENTS D'APPLICATION :

Le référentiel réglementaire utilisé pour la conception des matériels mécaniques de l'EPR de classe de qualité de conception et de réalisation Q1, Q2 ou Q3 est le suivant :

- Arrêté du 7 Février 2012 fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base,
- Décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif aux équipements sous pression,
- Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- Arrêté du 30 décembre 2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaires,
- Arrêté du 10 novembre 1999 modifié relatif à l'exploitation des circuits primaire et secondaire Principaux.

Ce référentiel réglementaire est complété par des documents d'application tels que des guides professionnels soumis à l'approbation de l'ASN, conformément à la réglementation. Le guide concernant les exigences de radioprotection et celui concernant les exigences sur les équipements sous pression nucléaires de catégorie 0 et niveau N1 & N2, entrent dans ce cadre.

1.2. RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION APPLICABLES

Les dispositions liées à l'arrêté du 7 février 2012, fixant les règles générales applicables aux activités importantes pour la protection des intérêts (voir paragraphe 2 de la section 1.7.0, sont applicables pour tous les équipements sous pression de classe de qualité Q1 et pour tous les équipements sous pression classés de sûreté (M ou F ou SC) et de classe de qualité Q2 et Q3 .

La classe de qualité de conception et de réalisation (Q) des équipements sous pression (ESP) résulte des classements fonctionnel, mécanique et ESPN de ces matériels (voir le sous-chapitre 3.2 dans lequel figurent les résultats des classements fonctionnel, mécanique et ESPN).

Détermination du classement nucléaire N des équipements :

Le classement nucléaire N des ESPN est déterminé selon un processus défini aux articles 2 et 3 de l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié.

Ce classement est effectué en plusieurs étapes détaillées ci-après :

- 1) Calcul du rejet d'activité des récipients (hors N1)
- 2) Détermination du niveau nucléaire N des récipients
- 3) Recensement des isolements sûrs et des soupapes de sûreté
- 4) Détermination du niveau nucléaire N des autres équipements à partir de celui des récipients auxquels ils sont connectés et dont ils ne peuvent être isolés de façon sûre

Les soupapes de sûreté sont considérées comme une limite de classement N des équipements.

La détermination du rejet d'activité s'effectue à partir des règles et des calculs d'activité relâchée, en fonction des radioéléments présents dans les différentes situations normales de service et du calcul des seuils de rejet en cas de défaillance, établis selon un guide méthodologique comme précisé au paragraphe 2.4.2 de la section 1.7.0.

L'activité des récipients permet de déterminer leur niveau de classement nucléaire N ainsi que celui des lignes de tuyauteries connectées. Par récipient, il faut entendre les réservoirs, échangeurs, colonnes de dégazage et évaporateurs. Les filtres et les déminéraliseurs sont considérés comme des accessoires sous pression (Fiches CLAP 72 & CLAP 8).

Pour les circuits de sauvegarde définis au chapitre 0 et le système EVU, le rejet d'activité est déterminé en considérant les différentes situations accidentelles.

Les accessoires sous pression ont le même niveau nucléaire N que le récipient ou la tuyauterie auquel ils sont associés.

Les accessoires de sécurité ont le même niveau nucléaire N que l'équipement du plus haut niveau qu'ils protègent. Si, parmi les équipements protégés, il existe un équipement comprenant plusieurs compartiments, seul le rejet du compartiment protégé par la soupape peut être pris en compte à condition que les compartiments soient conçus en respectant les exigences de la fiche COLLEN N°5.

D'une manière générale :

- Le niveau N1 inclut les équipements du Circuit Primaire Principal (CPP) et des Circuits Secondaires Principaux (CSP) dans les limites définies par l'arrêté d'exploitation du 10 novembre 1999 modifié telles que définies au sous-chapitre 1.7.
- Le niveau N2 inclut les autres équipements sous pression nucléaires (qui ne sont pas N1) dont la défaillance peut conduire à un rejet d'activité supérieur à 370 GBq.
- Le niveau N3 inclut les autres équipements sous pression nucléaires (qui ne sont classés ni N1, ni N2) dont la défaillance peut conduire à un rejet d'activité supérieur à 370 MBq.

Par ailleurs, l'article 5 de l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié précise que certains équipements sous pression nucléaires (catégories I à IV) et de niveau N1 peuvent être conçus selon les exigences essentielles de sécurité applicables aux équipements sous pression nucléaire de niveau N2 (exigences de l'annexe 2 de l'arrêté). Ces cas particuliers concernent les équipements suivants :

- les tuyauteries du circuit primaire principal (CPP) de diamètre nominal (DN) inférieur ou égal à 50,
- les autres tuyauteries (CSP) de diamètre nominal (DN) inférieur ou égal à 100 et de catégorie I ou II.

Ces équipements sont identifiés par la notation N1* dans la liste de classement des matériels de l'EPR.

Il est considéré de façon identique les exigences sur la tuyauterie N1* et celles sur les accessoires sous pression de même DN qui lui sont raccordés.

Règles pour le changement de niveau N :

Le changement de niveau de classement des équipements se fait soit à partir d'un récipient dont le niveau est différent, soit à partir d'un isolement sûr ou d'une soupape de sûreté. La notion d'isolement sûr est définie, dans la circulaire de l'arrêté exploitation du 10 novembre 1999 modifié pour le CPP/CSP et, dans le guide ASN N°19 du 21/02/2013 pour les ESPN hors CPP/CSP.

Notion d'isolement sûr pour le CPP/CSP :

Conformément à l'arrêté exploitation, un isolement sûr requiert deux organes d'isolement en série. Par exception, il pourra être admis que les lignes vapeur du circuit secondaire principal et les lignes identifiées N1* ne comportent qu'un seul organe d'isolement. Ces organes doivent présenter par eux-mêmes une fiabilité élevée, et :

- soit être systématiquement fermés lors du fonctionnement normal en pression de l'appareil ;
- soit être de type clapet ;

- soit agir automatiquement en cas de rupture de la tuyauterie au-delà de l'organe d'isolement, et se fermer assez rapidement pour n'être traversés que par peu de fluide avant leur fermeture complète.

Notion d'isolement sûr des équipements N2 et N3 :

Conformément au guide ASN N° 19 du 21/02/2005, un isolement, hors CPP et CSP, est sûr s'il respecte les trois critères ci-dessous :

- il est normalement fermé ou à sécurité positive ou son dispositif d'actionnement dispose d'une architecture qui permet de prévenir les défaillances de mode commun ;
- il se ferme suffisamment rapidement de façon à ce que l'activité relâchée durant la fermeture soit faible au regard de l'activité contenue par les équipements ou circuits qu'il isole ;
- sa fiabilité est définie par les exigences de l'exploitant, démontrée (par exemple, initialement par des essais ou une qualification, puis, en exploitation, par des tests périodiques) et maintenue.

Un isolement sûr peut être réalisé par un seul organe d'isolement sous réserve de fournir les justifications particulières appropriées.

Le classement en niveaux N1, N2 et N3 des équipements ESPN de l'EPR est indiqué à la section 3.2.2.

Pour la conception des équipements sous pression nucléaires, l'arrêté ESPN définit, dans ces annexes 1, 2 et 3, applicables respectivement aux équipements N1, N2 et N3, des exigences essentielles de sécurité supplémentaires par rapport à celles du décret n° 2016-1925.

Pour tous les équipements sous pression nucléaires, les prescriptions de l'annexe 4 de l'arrêté ESPN s'appliquent quels que soient leur classement ESPN (N1 à N3) et leur catégorie de risques (y compris catégorie 0). Les prescriptions de l'annexe 4 sont déclinées en exigences dans un guide professionnel de radioprotection conformément à la réglementation.

Les équipements sous pression nucléaires de catégorie de risques 0 et les équipements sous pression conventionnels soumis à l'article R557-9-3 du code de l'environnement sont soumis, au minimum, aux règles de l'art. Pour les ESP nucléaires de niveau N1 et N2, ces règles de l'art sont définies dans un guide professionnel conformément à la réglementation.

Pour les équipements nucléaires ou conventionnels soumis aux règles de l'art, il est toujours possible d'appliquer des exigences de conception plus sévères, du fait, par exemple, d'une imposition liée à la sûreté.

De plus, les équipements nucléaires constitutifs des systèmes de sauvegarde définis au chapitre 0 et le système EVU, sont conçus selon les dispositions de la réglementation ESPN précisée par la fiche COLÉN 59 et en cohérence avec les exigences du chapitre paragraphe 5 de la section 3.6.1.2.

Détermination de la classe de qualité de conception et de réalisation Q :

Les principales règles permettant de passer des classements fonctionnels (Fi), mécanique (Mi) et ESPN (niveau Ni) au classement de qualité de conception et de réalisation (niveau Qi) sont les suivantes :

- Pour chaque ESP faisant l'objet d'un classement de sûreté et d'un classement au titre de l'arrêté ESPN, la classe de qualité de conception et de réalisation Q retenue correspond au niveau d'exigence le plus contraignant résultant du classement de sûreté et du classement ESPN (cf. tableau [TAB-3.6.2.1](#)).
- Un ESP ayant un classement fonctionnel F1 (F1A ou F1B) est au minimum classé M3, il obéit à une classe de qualité de conception et de réalisation a minima Q3.
- Les ESP du CPP et du CSP, classés N1 selon l'arrêté ESPN, ont une classe de qualité de conception et de réalisation Q1. Des exceptions à cette règle existent :

- Les tuyauteries du CPP et leurs accessoires identifiés N1* et ceux identifiés M1*, (voir section 3.2.1) pour lesquels la classe de qualité de conception et de réalisation applicable est Q2.
- Les tuyauteries du CSP et leurs accessoires identifiés N1 * pour lesquels la classe de qualité de conception et réalisation applicable est Q2.

Tous les cas de classement sont résumés dans le tableau [TAB-3.6.2.1](#).

Correspondance entre la classe de conception et de réalisation et le référentiel de codification :

La correspondance entre la classe Q et le référentiel de codification technique est fournie ci-dessous :

- **Matériel Q1** : application des exigences de niveau 1 du RCC-M.
Dans certains cas particuliers, certaines exigences du RCC-M peuvent ne pas être adaptées à un matériel donné (ex : une spécification d'un matériau qui ne figure pas dans le RCC-M). Dans ce cas, le fabricant émet une spécification technique particulière avec des exigences de niveau équivalent à celles du niveau 1 du RCC-M. De même, pour des raisons fonctionnelles et liées à la sûreté, certains équipements peuvent être conçus selon un autre code que le RCC-M pour autant que la non pertinence du code RCC-M pour la conception de l'équipement soit justifiée de manière adaptée.

NB : Pour les ESPN « classés Q1 (donc N1 ou N1*) et de catégorie 0 », le guide professionnel pour les équipements sous pression nucléaires de niveau N1 ou N2 et de catégorie 0 est applicable. Si certaines exigences de ce guide sont plus contraignantes que celles du code technique, elles prévalent. Inversement, si certaines exigences de sûreté sont plus exigeantes que celles du guide, elles prévalent, et doivent être respectées

- **Matériel Q2** :
L'application des exigences du niveau 2 du RCC-M est requise. L'utilisation d'un autre code nucléaire (ASME III-NC ou KTA) est néanmoins possible, avec des compléments de spécifications techniques fournies par EDF au fabricant (ou mises au point avec le fabricant). Lorsque l'ASME III-NC est retenu, ces compléments consistent en :
 - Un guide d'utilisation du code ASME III section NC pour les équipements sous pression de qualité Q2 [Réf \[1\]](#).
 - Des compléments dans le domaine de la fabrication, au cas par cas, détaillés dans les spécifications d'équipement en cohérence avec la fiche CLAP 60, qui ont pour objectif de :
 - Viser un niveau de qualité comparable au RCC-M. Pour cela, les compléments portent sur les principaux thèmes pour lesquels les deux codes diffèrent, par exemple l'approvisionnement des matériaux ou le soudage,
 - Faciliter le respect de la réglementation française par le fabricant en introduisant certaines exigences de l'arrêté ESPN.

NB : Pour les « ESPN classés Q2, de niveau N1* ou N2 et de catégorie 0 », le guide professionnel pour les équipements sous pression nucléaires de niveau N1 ou N2 et de catégorie 0 est applicable. Si des exigences de ce guide sont plus contraignantes que celles du code technique, elles prévalent. Inversement, si certaines exigences de sûreté sont plus exigeantes que celles du guide, elles prévalent, et doivent être respectées

- **Matériel Q3** :
L'application des exigences des normes européennes harmonisées, conformes au décret du 28 décembre 2016, est requise avec des compléments de spécifications techniques fournies par EDF, pour atteindre le niveau d'exigence équivalent à celui du niveau 3 RCC-M. L'utilisation de tout code industriel reconnu et conforme à la DESP, ainsi que l'utilisation des codes RCC-M ou ASME ou KTA sont autorisées, sous réserve de compléments à définir par le fabricant pour les codes autres que le RCC-M.

En complément, pour les équipements classés Q1, Q2 et Q3, lorsqu'ils sont ESPN, les exigences du guide professionnel de radioprotection pour la conception des équipements sous pression nucléaires des centrales REP installées en France sont applicables

- **Matériel NC-Q :**

L'application des exigences des normes européennes harmonisées, conformes au décret du 13/12/99, est requise avec des compléments de spécifications techniques fournies par EDF.

L'utilisation de tout code industriel reconnu et conforme à la DESP, ainsi que l'utilisation des codes RCC-M ou ASME ou KTA sont autorisés.

2. RÉFÉRENTIEL DE CODIFICATION

D'une façon générale, l'ordre de prévalence des exigences pour la conception et la fabrication des matériels mécaniques est le suivant :

- exigences réglementaires et de sûreté,
- exigences requises par les Cahiers des Spécifications Techniques et par les Cahiers des Règles Techniques émis par EDF. Ces exigences prennent en compte, notamment, le retour d'expérience constaté sur la fabrication, la conception et l'exploitation des matériels mécaniques, ainsi que les exigences complémentaires quand le code est différent du RCC-M,
- exigences des codes techniques,
- exigences des normes européennes,
- exigences des normes françaises,
- exigences d'autres normes.

Comme déjà indiqué plus haut, les équipements sous pression de l'EPR ne sont pas forcément tous conçus et fabriqués selon les exigences du code RCC-M. L'objet de cette section est de préciser les versions des codes applicables.

Version du code RCC-M applicable :

Le référentiel de conception et de construction des matériels mécaniques de l'îlot nucléaire de l'EPR appliqué pour la conception des matériels mécaniques conçus selon le RCC-M, est constitué des éléments suivants :

- le code RCC-M édition 2007 (égal à l'édition 2000 du RCC-M, complété par les modificatifs de juin 2002, décembre 2005 et juin 2007),
- des fiches du modificatif 2008 de l'édition 2007 du RCC-M, en fonction de la possibilité et de la pertinence à les appliquer.

Des exigences complémentaires à celles définies dans le référentiel ci-dessus pourront être prescrites dans les spécifications d'équipement des matériels afin de compléter ou préciser les exigences du référentiel de conception (pour les matériaux nouveaux notamment), ou encore afin de lever des options.

De façon exceptionnelle, pour certains composants spécifiques, pour lesquels les exigences du code RCC-M 1 ne sont pas adaptées (ex : nuance de matériau non couverte par le tome II), il est acceptable de définir d'autres exigences et règles spécifiques pour autant qu'elles puissent satisfaire le même niveau de qualité que celui requis par les règles de niveau 1 RCC-M. Ceci s'adresse principalement aux Mécanismes de Commande de Grappes et à la partie mécanique de l'instrumentation du cœur qui possèdent une conception issue des tranches allemandes Konvoi.

Les limites de contraintes admissibles du RCC-M sont notamment choisies de manière à garantir l'intégrité des équipements classés de sûreté soumis à pression.

Les supports des composants sont conçus conformément au Volume H du RCC-M si ce code a été retenu comme référentiel de conception. Les équipements internes de la cuve sont conçus conformément au Volume G du RCC-M (voir sections 5.3.2 et 5.3.3).

Autres codes nucléaires utilisés :

Quand un autre code nucléaire que le RCC-M est autorisé (pour les matériels classés Q2, voire Q3), les versions applicables sont les suivantes :

- Code ASME : Edition 2004 :
 - Section III-NC pour les matériels Q2,
 - Section III-ND pour les matériels Q3,
 - Section VIII pour les matériels Q3 (avec l'addenda 2006).
- Code KTA 1401-06/96.

Il est à noter que des exigences complémentaires à celles figurant dans les codes ci-dessus sont applicables (exigences imposées soit par le fabricant après accord de l'exploitant, soit par l'exploitant).

De façon exceptionnelle, pour certains composants, il est acceptable de définir d'autres exigences et règles spécifiques pour autant qu'elles puissent satisfaire le même niveau de qualité que celui requis par les règles de niveau 2 RCC-M.

Normes européennes applicables : ces normes sont utilisables pour les matériels Q3 ; elles valent présomption de conformité aux exigences du décret du 28 décembre 2016. Elles sont complétées d'exigences techniques prescrites par EDF, en particulier pour la conception des équipements en conditions accidentelles de tranche. Parmi ces normes européennes harmonisées, on cite seulement ci-après les deux suivantes les plus utilisées :

- Norme EN 13445 pour les récipients (édition septembre 2002 y compris ses amendements),
- Norme EN 13480 pour les tuyauteries (édition août 2002 y compris ses amendements).

3. CAS DE CHARGE, TRANSITOIRES ET LIMITES DE CONTRAINTES**3.1. COMPOSANTS DE NIVEAU DE QUALITÉ Q1**

Les composants du circuit primaire principal et du circuit secondaire principal auxquels sont affectées les exigences RCC-M de Niveau 1 (composants Q1) sont listés dans le sous-chapitre relatif au classement des équipements (voir sous-chapitre 3.2) .

Ces composants Q1 doivent être conçus conformément au Volume B du RCC-M.

Les règles de conception générale, applicables au dimensionnement des composants soumis à pression et à l'analyse de leur comportement lorsqu'ils sont soumis aux efforts stipulés dans les spécifications des composants, sont fournies dans le RCC-M B 3100.

Ces règles ont pour objet de garantir le respect des marges de sûreté spécifiées par rapport aux types de dommages qui pourraient survenir suite aux sollicitations imposées :

- déformation excessive et instabilité plastique,
- instabilité élastique ou élastoplastique,
- déformation progressive provoquée par des efforts répétés,
- fatigue (progressive),
- rupture brutale.

Au cours de son fonctionnement, un composant Q1 peut être soumis à un certain nombre de situations de fonctionnement ou transitoires différents qui sont classées suivant trois catégories (voir section 3.6.1), auxquelles s'ajoutent une situation de référence et des situations d'essai. Ce classement est effectué suivant la fréquence de l'événement.

Il existe un ensemble d'actions de l'environnement sur les matériels (pressions, forces, flux thermique, irradiation, corrosion). Certaines de ces actions sont susceptibles de fournir un travail mécanique, fonction de la déformation de ce matériel, et sont appelées sollicitations. L'ensemble de ces sollicitations est appelé chargement.

La prévention des dommages est requise pour les composants soumis à ces chargements, avec des marges dépendant des objectifs d'intégrité. A cette fin, des séries de critères appelées "niveaux de critères" sont définies, selon les dommages couverts et les marges requises.

Les règles relatives aux chargements et le niveau des critères à satisfaire sont présentés à la section 3.6.1.

3.2. COMPOSANTS DE NIVEAUX DE QUALITE Q2 ET Q3

Les composants auxquels sont affectés les niveaux de qualité de conception et de réalisation Q2 et Q3 sont listés dans le sous chapitre relatif au classement des équipements (voir sous-chapitre 3.2)

La conception mécanique des composants Q2 est conforme aux exigences des Volumes C (Niveau 2) du RCC-M, ou à celles d'un autre code nucléaire équivalent (ASME section III-NC ou, pour un nombre limité de composants, KTA).

La conception mécanique des composants Q3 est conforme aux exigences des normes harmonisées européennes ou de tout autre code conforme aux exigences du décret du 28 décembre 2016 pour les équipements sous pressions, complété en tant que besoin pour couvrir les situations accidentelles.

Les données fonctionnelles qui doivent être connues par le fabricant pour concevoir ses composants de niveau de qualité Q2 et Q3 sont communiquées par l'exploitant.

Pour les composants Q2 et Q3, pour lesquels le RCC-M a été retenu comme référentiel de conception, les exigences sont moins sévères que celles du niveau 1, en accord avec ce classement (application des niveaux 2 ou 3 du RCC-M). Les niveaux de critères requis et les limites de contraintes associées sont cependant suffisamment bas pour garantir l'absence de perte d'intégrité de l'enceinte sous pression.

3.3. PRISE EN COMPTE DU SÉISME DANS LE DIMENSIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION

D'un point de vue sûreté, il existe 2 cas de charge sismique différents à considérer potentiellement dans la conception des équipements sous pression :

- Le **Séisme de Dimensionnement (SDD)** qui est issu d'un requis sûreté et s'applique pour un matériel classé SC1 ou SC2, selon les règles de classement définies dans le sous-chapitre 3.2. Ce séisme est défini dans le chapitre agression externe du RDS (section 3.3.2). Il doit être cumulé à l'enveloppe des situations normales, perturbées, exceptionnelles ou accidentelles de la tranche (Voir section 3.6.1). Les règles et méthodes de dimensionnement applicables sont résumées au paragraphe 1.5 de la section 3.3.2 du RDS.

En fonction du requis fonctionnel de sûreté à satisfaire (stabilité, intégrité, capacité fonctionnelle, opérabilité), les critères de conception mécaniques à respecter sont les suivants (Voir la section 3.6.1. pour plus de détails) :

Exigence	Critères si RCC-M appliqué	Critères si EN appliquées (avec k pour les tuyauteries)
Intégrité qui inclut la stabilité (tous matériels SC1, SC2 si concerné)	Niveau D	Accidentel □
Capacité fonctionnelle (organes passifs SC1 ou SC2 si concerné)	Niveau C	□
Opérabilité (organes actifs SC1 ou SC2 si concerné)	Niveau B (niveau 0 si Q1)	□

Critères mécaniques applicables pour le SDD

Les amortissements à considérer pour le SDD sont de □ pour les appareils et de □ pour les tuyauteries (sauf les tuyauteries classées Q1 pour lesquelles un amortissement de □ est appliqué).

La valeur de découplage pour la robinetterie est de □ g (cf § 4.2).

- Le **séisme d'inspection (SDI)** qui est suggéré par les Directives Techniques (voir sous-chapitre 1.7). Il est défini comme étant le séisme pour lequel « aucune vérification ou inspection des équipements ne devrait être nécessaire avant de ramener ou maintenir la tranche en fonctionnement normal ». Le SDI est défini au paragraphe 1.6 de la section 3.3.2 du RDS .

Pour les matériels SC1 et SC2, le SDI est à cumuler à l'enveloppe des situations normales et perturbées.

	Taux d'amortissement	Cumul et critères RCCM applicables	Code applicable
ESP Q1	Appareils : 4% constant Tuyauteries : 2% constant	Avec les situations normales. Intégrité : niv. 0 et A	RCC-M niveau 1
ESP Q2, classés SC1 ou SC2	Appareils : 4% constant Tuyauteries : 2% à 5% variable	Avec les situations normales et perturbées Intégrité : niv. B	RCC-M niveau 2 ou équivalent
ESP Q3 et NCQ, classés SC1 ou SC2	Appareils : 4% constant Tuyauteries : 2% à 5% variable	Avec les situations normales et perturbées Intégrité : niv. B ou équivalent	RCCM niveau 3 ou équivalent, Normes EN

Critères applicables pour le SDI

Prise en compte de la fatigue due au séisme (critère de niveau A) : l'application des critères de niveau A est requise seulement pour le niveau Q1. Le nombre d'occurrences du séisme est de 30 (pour une durée de vie de 60 ans). Le nombre de cycles pour chaque occurrence est de 20. Le cumul du séisme avec la fatigue thermique ou mécanique s'effectue conformément à la démarche du code RCC-M : ajout de 15 cycles au transitoire le plus sévère + 595 cycles sans combinaison. Pour la robinetterie, une valeur de découplage de \square g pour le séisme peut être considérée.

Nota : En plus du SDD et du SDI imposés par EDF pour les équipements classés SC1 ou SC2, un séisme applicable à tous les équipements sous pression est à considérer par les fabricants de par les exigences essentielles de sécurité du décret n° 2016-1925 du 28/12/2016. EDF préconise qu'il soit égal au SDI.

3.4. CAS PARTICULIERS DES ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION DONT LA RUPTURE COMPLÈTE OU LA FUITE EST EXCLUE DE LA DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

Les exigences générales (doctrine et critères) applicables aux équipements sous pression dont la défaillance (rupture complète ou fuite) est exclue de la démonstration de sûreté sont décrites à la section 3.4.2.

La vérification des critères requis pour la démonstration d'exclusion de la défaillance est fournie, quant à elle, dans le chapitre de l'équipement ou du système considéré.

4. OPÉRABILITÉ SOUS SÉISME DES POMPES ET DE LA ROBINETTERIE DE NIVEAUX DE QUALITÉ DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION Q2 ET Q3

4.1. POMPES

Les pompes classées de sûreté sont soumises à des essais en usine qui comprennent des essais hydrostatiques (voir, par exemple exigences du Volume C 5000 ou D 5000 du RCC-M lorsque ce dernier est appliqué), et à des essais de performance pour déterminer la hauteur manométrique totale, les exigences relatives à la hauteur nette d'aspiration (NPSH), et d'autres caractéristiques des moteurs de pompes. Lorsque cela est applicable, la température et les vibrations des paliers sont contrôlées pendant les essais de performance.

En sus des essais requis, les pompes sont conçues et livrées conformément aux critères suivants associés au chargement sismique :

- Si la fréquence propre la plus basse est supérieure à 50 Hz, la pompe et son support seront considérés comme fondamentalement rigides. Une analyse statique de la déformation de l'arbre du rotor est réalisée, et la déformation est comparée aux jeux admissibles pour le rotor.
- Si la fréquence propre se trouve être inférieure à 50 Hz, une analyse est effectuée pour déterminer les accélérations d'entrée amplifiées nécessaires à la réalisation de l'analyse statique.
- Les efforts sismiques maximums sur la tubulure sont également pris en compte dans une analyse des ancrages de pompe, pour garantir l'impossibilité d'apparition d'un défaut d'alignement inacceptable du dispositif.
- Pour compléter les procédures de qualification sismique, le moteur de pompe et tous les accessoires indispensables au fonctionnement de la pompe sont qualifiés, de façon indépendante, pour fonctionner pendant le séisme maximum, conformément aux exigences du RCC-E (édition décembre 2005) complété des données de projet EPR définies dans l'additif Cahier de Données du Projet EPR (voir sous-chapitre 1.6).

4.2. ROBINETTERIE

La robinetterie classée de sûreté est soumise à des essais en usine qui comprennent des essais hydrostatiques (voir, par exemple, exigences des volumes C 5000 ou D 5000 du RCC-M, lorsque ce

dernier est appliqué), des vérifications de l'étanchéité des portées obturateur-siège, et d'autres essais de fonctionnement.

La robinetterie est conçue à l'aide d'une analyse des contraintes ou des règles de conception standards pour des exigences en termes d'épaisseur minimale de paroi, conformément aux exigences des codes nucléaires ou des normes harmonisées européennes, ou d'autres normes satisfaisant les exigences du décret du 28 décembre 2016.

De plus, l'ensemble de la robinetterie et de ses structures est conçu pour présenter une première fréquence propre supérieure à 50 Hz.

Néanmoins, trois cas de figure peuvent se présenter :

- la première fréquence propre est supérieure à \square Hz : une analyse est effectuée en appliquant des efforts sismiques statiques tridimensionnels au centre de gravité de la structure étendue. Pour la conception sous chargement sismique, la charge statique utilisée est de \square g dans les trois directions. Ces efforts sont appliqués simultanément,
- la fréquence propre est comprise entre \square Hz et \square Hz : le chargement statique enveloppe de \square g explicité ci-avant reste applicable, sous réserve que le robinet soit situé strictement en dessous du plancher situé à \square m pour le BK et plancher situé à \square m pour le BR. Dans le cas contraire, le chargement réel décrit ci-après doit être appliqué,
- la fréquence propre est inférieure à \square Hz, un calcul dynamique est réalisé avec les accélérations réelles. Un calcul statique est acceptable sous réserve d'appliquer un facteur \square aux accélérations précitées.

La qualification à l'opérabilité des motorisations et des accessoires électriques est démontrée par la satisfaction des exigences du RCC-E (voir sous-chapitre 1.6) ou d'un autre code acceptable.

5. SUPPORTS DES COMPOSANTS

Les supports soudés sur les composants soumis à pression sont constitués d'éléments en acier comprenant des platines, des poutres, des brides, des dispositifs auto-bloquants,... Pour la tuyauterie en particulier, ces supports peuvent être des supports banalisés, lorsque cela est réalisable. Les transitoires et les cas de charge appliqués aux supports sont les mêmes que ceux des composants supportés. Les critères applicables aux supports reposent sur le principe suivant : les supports de systèmes fluide sont aussi importants que le système qu'ils supportent.

Ils sont répartis en trois sous-niveaux :

- Supports pour composants Q1 : les exigences du RCC-M sont appliquées (volume H, exigences pour supports classés S1),
- Supports pour composants Q2 : les exigences du volume H du RCC-M sont applicables (supports classés S2) ou les exigences équivalentes d'un code nucléaire (ASME section III ou KTA),
- Supports pour composants Q3 : les exigences des normes harmonisées européennes sont applicables ou les pratiques industrielles équivalentes conformes à la DESP (s'il est décidé d'utiliser toutefois le RCC-M, le support est classé S2).

Les supports des grosses motorisations de vannes RCC-M et des gros moteurs de pompes RCC-M sont classés comme les supports des composants RCC-M correspondants.

Les supports des autres matériels électriques (câbles, connexions, armoire électrique,...) sont traités dans le RCC-E. Les équipements internes des piscines de combustible sont classés comme les supports des composants Q2. Les règles de conception des pièces de supports qui sont noyé(e)s dans du béton, sont traitées dans l'ETC-C (voir sous-chapitre 1.6).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.2

PAGE 13/14

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DE RÉFÉRENCES

[1] Note EDF de référence ENRE070061 ind. 1

Guide d'utilisation du code ASME III section NC pour les équipements sous pression de qualité Q2.

**TAB-3.6.2.1 CORRESPONDANCE ENTRE CLASSEMENT
MÉCANIQUE ET ESPN ET CLASSE DE QUALITÉ DE
CONCEPTION ET DE RÉALISATION**

Mécanique ESPN	M1	M1*	M2	M3	NC
N1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
N1*	Q1	Q2	Q2	Q2	Q2
N2	/	/	Q2	Q2	Q2
N3	/	/	Q2	Q3	Q3
Non ESPN	/	/	Q2	Q3	NC-Q

Nota : NC = Non Classé

3.6.3 ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES CPP ET CSP

3.6.3.1 ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION EN PUISSANCE

3.6.3.2 ANALYSE DE LA PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID

SOMMAIRE

.3.6.3.1 ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION EN PUISSANCE	5
1. ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CÔTÉ PRIMAIRE	5
1.1. CATÉGORIE 2	6
1.2. CATÉGORIE 3	7
1.3. CATÉGORIE 4	8
2. ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CÔTÉ SECONDAIRE	10
2.1. CATÉGORIE 2	11
2.2. CATÉGORIE 3	12
2.3. CATÉGORIE 4	13

TABLEAUX :

TAB-3.6.3.1.1	CONCEPT DE PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS.....	15
TAB-3.6.3.1.2	CARACTÉRISTIQUES DE L'ASPERSION NORMALE DU PRESSURISEUR.....	16
TAB-3.6.3.1.3	CARACTÉRISTIQUES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ PRESSURISEUR.....	17
TAB-3.6.3.1.4	CARACTÉRISTIQUES DU GCT.....	18
TAB-3.6.3.1.5	CARACTÉRISTIQUES DU VDA.....	19
TAB-3.6.3.1.6	CARACTÉRISTIQUES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ GV	20
TAB-3.6.3.1.7	CARACTÉRISTIQUES DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR	21
TAB-3.6.3.1.8	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 2 PTAEE AVEC ÉCHEC DE L'ILOTAGE À PLEINE PUISSANCE – HYPOTHÈSES.....	22
TAB-3.6.3.1.9	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 2 PTAEE AVEC ÉCHEC DE L'ILOTAGE À PLEINE PUISSANCE – SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS.....	23
TAB-3.6.3.1.10	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE HYPOTHÈSES	24
TAB-3.6.3.1.11	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS.....	25
TAB-3.6.3.1.12	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE DES GV À PLEINE PUISSANCE AVEC ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES) - HYPOTHESES	26
TAB-3.6.3.1.13	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE NORMALE DES GV À PLEINE PUISSANCE AVEC ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES) SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS	27

TAB-3.6.3.1.14	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 2 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR À 100% DE LA PUISSANCE NOMINALE HYPOTHÈSES.....	28
TAB-3.6.3.1.15	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 2 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR À 100% DE LA PUISSANCE NOMINALE SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS.....	29
TAB-3.6.3.1.16	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE HYPOTHÈSES	30
TAB-3.6.3.1.17	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS.....	31
TAB-3.6.3.1.18	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 4 (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES) HYPOTHÈSES	32
TAB-3.6.3.1.19	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE CHARGE SECONDAIRE (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES) SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS	33

FIGURES :

FIG-3.6.3.1.1	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 2 PTAAE AVEC ÉCHEC DE L'ILOTAGE À PLEINE PUISSANCE	34
FIG-3.6.3.1.2	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE AVEC 3 SOUPAPES DE SÛRETÉ PRESSURISEUR DISPONIBLES (AUCUNE DÉFAILLANCE).....	35
FIG-3.6.3.1.3	PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ PRESSURISEUR DISPONIBLES (DÉFAILLANCE DE LA 1ÈRE SOUPAPE DE SÛRETÉ PRESSURISEUR).....	36

FIG-3.6.3.1.4 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE DES GV À PLEINE PUISSANCE AVEC ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES).....	37
FIG-3.6.3.1.5 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 4 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR À 100% DE LA PUISSANCE NOMINALE	38
FIG-3.6.3.1.6 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ GV DISPONIBLES PAR GV (AUCUNE DÉFAILLANCE).....	39
FIG-3.6.3.1.7 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE AVEC 1 SOUPAPE DE SÛRETÉ GV DISPONIBLE PAR GV (DÉFAILLANCE D'1 SOUPAPE DE SÛRETÉ GV PAR GV)	40
FIG-3.6.3.1.8 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ GV DISPONIBLES PAR GV (AUCUNE DÉFAILLANCE) ET ACTIVATION DU VDA APRÈS LE PIC DE PRESSION GV	41
FIG-3.6.3.1.9 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE CHARGE SECONDAIRE (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES)	42

.3.6.3.1 ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION EN PUISSANCE

Pour chaque catégorie de situation de fonctionnement, on définit :

- le critère de protection contre les surpressions, limite de surpression à ne pas dépasser,
- les moyens de protection contre les surpressions qui sont les dispositifs de réduction de la surpression envisagés pour le respect du critère de protection contre les surpressions,
- les règles d'analyse de protection contre les surpressions, définissant les conditions limites prises en compte dans l'analyse des transitoires de protection contre les surpressions visant à démontrer que le critère de protection contre les surpressions est respecté.

Le tableau [TAB-3.6.3.1.1](#) définit respectivement le critère, les moyens de protection et les règles d'analyse de protection contre les surpressions pour chacune des catégories précédentes de protection contre les surpressions. De plus, la condition la plus pénalisante pour la catégorie correspondante est indiquée. La protection contre les surpressions du côté primaire et la protection contre les surpressions du côté secondaire sont présentées dans le même tableau afin de suivre une approche commune.

1. ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CÔTÉ PRIMAIRE

La protection contre la surpression du côté primaire est liée à la conception mécanique du circuit primaire principal. Les dispositifs de protection permettent de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CPP ; ils sont précisés au tableau [TAB-3.6.3.1.1](#). En particulier les soupapes de sûreté du pressuriseur constituent les accessoires de sécurité.

La protection contre les surpressions du côté primaire est divisée en trois catégories différentes de situations, faisant intervenir différents critères, moyens et règles d'analyse de protection contre les surpressions (voir tableau [TAB-3.6.3.1.1](#)).

Dans la catégorie 2 :

- le critère de protection contre les surpressions est 100% PC,
- les moyens de protection contre les surpressions suivants sont pris en compte : les régulations, les limitations et les protections, mais pas les soupapes,
- pour l'analyse du transitoire de protection contre les surpressions, les incertitudes sont prises en compte pour les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de surpression. Aucune défaillance n'est considérée.

Dans la catégorie 3 :

- le critère de protection contre les surpressions est 110% PC avec toutes les soupapes de sûreté disponibles (n soupapes) et 120% PC avec toutes les soupapes de sûreté disponibles sauf une (n-1 soupapes). Ces critères de protection contre les surpressions s'appliquent à une conception avec $n < 4$ en ce qui concerne le circuit primaire principal,
- seuls les soupapes de sûreté et un arrêt automatique du réacteur (AAR) déclenché par le système de protection du réacteur (RPR) sont pris en compte,
- pour les analyses du transitoire de protection contre les surpressions, des hypothèses pénalisantes sont envisagées pour toutes les conditions limites, de manière déterministe. Aucune défaillance n'est considérée (sauf 1 soupape de sûreté pour le critère 120% PC).

Dans la catégorie 4 :

- le critère de protection contre les surpressions est la non dégradation de l'intégrité du circuit primaire principal. Le non-dépassement de 130% PC est un critère de découplage en ce qui concerne cette évaluation,
- toutes les limitations, régulations et protections peuvent être créditées pour limiter la surpression (sauf celles déjà considérées comme indisponibles dans la définition de la séquence) mais par conservatisme aucune régulation ni limitation ne sont prises en compte, excepté si leur prise en compte est pénalisante. Les systèmes de protection contre les surpressions utilisés sont le premier signal d'arrêt automatique du réacteur (AAR), les VDA, ainsi que les soupapes de sûreté du pressuriseur et des GV,
- pour l'analyse du transitoire de protection contre les surpressions, des incertitudes sont prises en compte pour toutes les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de pression. Aucune défaillance n'est considérée (sauf celles déjà envisagées dans la définition de la « séquence d'événements multiples »).

1.1. CATÉGORIE 2

1) Critère

Dans la catégorie 2, la pression au point le plus chargé du CPP ne doit pas dépasser 100% PC □. La surpression est limitée par l'aspersion normale et auxiliaire du pressuriseur, le GCT, l'arrêt automatique partiel¹ et l'arrêt automatique du réacteur.

Le respect de ce critère se fait en tenant compte des incertitudes et sans faire intervenir de défaillance.

2) Transitoire dimensionnant

Les transitoires de fonctionnement les plus pénalisants sont :

- le délestage avec îlotage,
- le défaut de réseau.

Les incidents de fonctionnement prévus les plus pénalisants sont :

- la perte d'une pompe alimentaire,
- le déclenchement turbine,
- la perte totale des alimentations électriques externes avec échec de l'îlotage,
- la perte de vide au condenseur.

La situation la plus pénalisante de catégorie 2 en ce qui concerne le pic de surpression du côté primaire est la « Perte Totale des Alimentations Electriques Externes avec échec de l'îlotage à pleine puissance ».

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire de la « PTAAE avec échec de l'îlotage à pleine puissance » est effectuée □.

Les incertitudes sont prises en compte de manière pénalisante sur les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de surpression primaire :

- la plupart des conditions initiales de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point, avec des données neutroniques du cœur pénalisantes englobant l'ensemble des cycles de la gestion combustible (voir sous-chapitre 4.3) est utilisé,
- l'efficacité des systèmes participant à la limitation du pic de surpression est minimisée, en prenant le retard maximum d'activation et la capacité minimale de réduction de la pression. Sont concernés :

1. L'arrêt automatique partiel n'est pas pris en compte pour le calcul de catégorie 2 (pénalisant)

- l'aspersion normale et auxiliaire du pressuriseur,
 - le GCT, disponible pendant les premières secondes du transitoire et indisponible après. En effet, le GCT, les appareils I&C et le contrôle commande associés permettent d'assurer quelques secondes de décharge de vapeur avant d'arriver à l'isolement du GCT lorsque la pression du condenseur est élevée, en cas de PTAAE conduisant à une perte du vide au condenseur,
 - le VDA.
- l'arrêt automatique du réacteur sur le signal « basse vitesse GMPP ». Après l'AAR, la puissance résiduelle maximale est prise en compte [1].

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.8](#).

4) Résultats

Une PTAAE avec échec de l'ilotage conduit à un arrêt de tous les GMPP, un déclenchement turbine et une annulation du débit ARE. De ce fait, la pression primaire et la pression secondaire augmentent.

L'aspersion normale du pressuriseur est activée par la montée en pression côté primaire et les vannes GCT s'ouvrent à la suite de l'augmentation de pression côté secondaire. Le GCT se referme suite à l'indisponibilité du condenseur une vingtaine de secondes après l'initiateur. Conjointement avec l'arrêt automatique du réacteur (sur le signal « basse vitesse GMPP »), ils arrêtent respectivement l'accroissement de la pression primaire et secondaire. Les soupapes du pressuriseur ne sont pas sollicitées.

Après fermeture des vannes GCT, une seconde remontée en pression secondaire puis primaire, liée à la puissance résiduelle, se produit. Ce deuxième pic de pression primaire est moins important que le premier et est écrêté à la fois par l'aspersion auxiliaire et le VDA.

La séquence des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.1.9](#).

La figure [FIG-3.6.3.1.1](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire.

La pression maximale au point le plus chargé du CPP (sortie GMPP) est de [1] bar abs. [1] dans la situation de catégorie 2 la plus pénalisante « PTAAE avec échec de l'ilotage à pleine puissance ». Cette valeur est inférieure à 100% PC [1].

Le critère de surpression de catégorie 2 est donc respecté.

Nota : Le fonctionnement en prolongation de cycle est couvert par celui en cycle naturel du point de vue des études de surpressions primaires de catégorie 2.

1.2. CATÉGORIE 3

1) Critère

Dans la catégorie 3, la pression au point le plus chargé du CPP ne doit pas dépasser :

- 110% PC [1], en supposant 3 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles (aucune défaillance des soupapes de sûreté pressuriseur),
- 120% PC [1], en supposant 2 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles (défaillance d'1 soupape de sûreté pressuriseur).

De plus il doit être vérifié, après écrêtement du pic de surpression, que les dispositifs de limitation de la pression permettent de ramener de façon durable la pression en dessous de la pression de calcul.

La surpression est limitée par les soupapes de sûreté pressuriseur et GV et l'arrêt automatique du réacteur (enclenché par le système de protection du réacteur).

Le respect de ces critères est vérifié sur une base déterministe conservatrice, en ne prenant en compte aucune défaillance (sauf 1 soupape de sûreté pressuriseur pour 120% PC).

2) Transitoire dimensionnant

La situation la plus pénalisante de catégorie 3 en ce qui concerne le pic de surpression du côté primaire est la « fermeture intempestive de toutes les VIV à pleine puissance ».

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire de la « fermeture intempestive de toutes les VIV à pleine puissance » est effectuée [1].

Des hypothèses conservatives sont prises pour chaque condition limite ayant un impact significatif sur le pic de pression primaire :

- les conditions initiales de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point, avec des données neutroniques du cœur pénalisantes englobant l'ensemble des cycles de la gestion du combustible (voir sous chapitre 4.3) est utilisé,
- les systèmes de protection contre la surpression se limitent aux soupapes de sûreté pressuriseur et GV et à l'arrêt automatique du réacteur. Toutes les données se rapportant à leur efficacité sont pénalisées (comme le retard d'activation et la capacité de réduction de la pression).
- le signal d'arrêt automatique du réacteur pris en compte est le signal « très haute pression pressuriseur », prévu pour la protection contre la surpression du côté primaire. Après l'AAR, la puissance résiduelle maximale [2] est considérée.
- les soupapes de sûreté GV sont prises en compte avec leur seuil de pression d'ouverture maximisé mais elles n'ont pas d'impact sur le pic de pression primaire.
- aucune régulation n'est prise en compte.

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.10](#).

4) Résultats

Après fermeture de toutes les VIV, la pression primaire augmente rapidement à cause de la perte de l'évacuation de la chaleur via le côté secondaire.

La pression pressuriseur atteint le seuil d'arrêt automatique du réacteur (« très haute pression pressuriseur ») puis les seuils d'ouverture de la 1^{ère} soupape de sûreté pressuriseur (si prise en compte) et de la 2^{ème} / 3^{ème} soupapes de sûreté pressuriseur.

Les soupapes de sûreté GV s'ouvrent après le pic de pression primaire et ne contribuent donc pas à la protection contre la surpression du côté primaire.

La séquence des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.1.11](#).

Respect du critère de surpression primaire à 110% PC (catégorie 3) :

La figure [FIG-3.6.3.1.2](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire avec 3 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles (aucune défaillance des soupapes de sûreté pressuriseur).

La pression maximale au point le plus chargé du CPP (sortie GMPP) est de [3] bar abs. [4] et la pression dépasse la PC pendant une vingtaine de secondes seulement dans la situation de catégorie 3 la plus pénalisante « fermeture de toutes les VIV à pleine puissance, avec 3 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles » (aucune défaillance des soupapes de sûreté pressuriseur).

Cette valeur du pic de pression est inférieure à 110% PC [5] et la pression est ramenée rapidement en dessous de la PC. Le critère de surpression de catégorie 3 est donc respecté.

Respect du critère de surpression primaire à 120% PC (catégorie 3) :

La figure [FIG-3.6.3.1.3](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire avec 2 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles (défaillance de la 1^{ère} soupape de sûreté pressuriseur).

La pression maximale au point le plus chargé du CPP (sortie GMPP) est de [6] bar abs. [7] et la pression dépasse la PC pendant une vingtaine de secondes seulement dans la situation de catégorie 3 la plus pénalisante « fermeture de toutes les VIV à pleine puissance, avec 2 soupapes de sûreté pressuriseur disponibles » (défaillance d'une soupape de sûreté pressuriseur).

Cette valeur du pic de pression est inférieure à 120% PC [8] et la pression est ramenée rapidement en dessous de la PC. Le critère de surpression de catégorie 3 est donc respecté.

Nota : Le fonctionnement en prolongation de cycle est couvert par celui en cycle naturel du point de vue des études de surpressions primaires de catégorie 3.

1.3. CATÉGORIE 4

1) Critère

Dans la catégorie 4, le critère de surpression est l'absence de dégradation de l'intégrité du circuit primaire principal. En tant que critère de découplage, la pression au point le plus chargé du CPP ne doit pas dépasser 130% PC [1].

Toutes les limitations, régulations et protections peuvent être créditées pour limiter la surpression (sauf celles déjà considérées comme indisponibles dans la définition de la séquence) mais par conservatisme, aucune régulation ni limitation ne sont prises en compte, excepté si leur prise en compte est pénalisante. Les systèmes de protection contre les surpressions utilisés sont le premier signal d'arrêt automatique du réacteur (AAR), les VDA ainsi que les soupapes de sûreté du pressuriseur et des GV.

Deux configurations sont étudiées pour les ATWS : soit en considérant un blocage mécanique des grappes soit en considérant une défaillance du système de protection. Aucune autre défaillance que celles de la séquence n'est prise en compte. Le transitoire le plus pénalisant parmi ces deux configurations est présenté ci-après.

2) Transitoire dimensionnant

La situation la plus pénalisante de catégorie 4 en ce qui concerne le pic de surpression du côté primaire est la « perte totale de l'eau alimentaire normale des GV à pleine puissance », avec blocage mécanique des grappes d'arrêt automatique du réacteur (ATWS par blocage des grappes).

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire « perte totale de l'eau alimentaire normale des GV à pleine puissance avec échec de l'AAR » est effectuée [1].

Des hypothèses pénalisées sont prises en compte :

- la plupart des conditions initiales de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point avec des données neutroniques du cœur pénalisées englobant l'ensemble des cycles de la gestion combustible (voir chapitre 4.3) est utilisé (par exemple, le coefficient de densité modérateur est pris minimal mais non nul),
- l'arrêt automatique du réacteur n'est pas pris en compte du fait du blocage mécanique des grappes,
- les systèmes de réduction de la surpression valorisés sont les soupapes de sûreté pressuriseur et GV, et le VDA. Toutefois, le VDA et les soupapes de sûreté GV ne participent pas à la limitation du pic de surpression, leur ouverture se produisant ultérieurement,
- le signal ATWS et les actions associées sont pris en compte. Ces actions limitent la vidange des GV alors que la puissance du cœur est encore élevée afin de limiter la surpression du CPP. Le signal ATWS est élaboré à partir du « signal AAR + grappes non chutées ou flux élevé ». Les actions associées sont l'activation automatique du RBS, l'isolement du ballon du RCV et l'arrêt automatique des GMPP sur « bas niveau GV MIN1p (GE) ».

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.12](#)

Les paramètres dominants pour le pic de surpression primaire sont :

- la puissance initiale du réacteur,
- les contre-réactions neutroniques (coefficient Doppler Température, coefficient Doppler puissance, coefficient densité modérateur),
- le seuil d'ouverture et la capacité de décharge des soupapes de sûreté du PZR.

4) Résultats

Suite à la perte totale de l'eau alimentaire normale des GV à l'instant initial, la fonction RRC-A « chute automatique de toutes les grappes » sur faible débit ARE par rapport à la puissance thermique est prise en compte car elle pénalise la surpression primaire. En effet, elle impose à l'instant initial, par découplage, un déclenchement turbine, car les grappes étant mécaniquement bloquées, l'arrêt du réacteur ne sera pas réalisé.

Le côté primaire s'échauffe, et suite à l'échec de l'AAR sur « très haute pression pressuriseur » la pression continue d'augmenter du côté primaire. L'augmentation de la température du fluide primaire conduit à une diminution de la puissance du cœur par effet modérateur.

L'ouverture des soupapes de sûreté pressuriseur au temps $t = 19,2$ s (1^{ère} soupape de sûreté pressuriseur) et $20,2$ s (2^{ème} soupape de sûreté pressuriseur) arrêtent la surpression du côté primaire. Le pic de surpression primaire est atteint à $t=20,9$ s.

La borication via le RBS intervient après l'apparition du pic de pression. Les GMPP sont arrêtées sur bas niveau GV cumulé au signal ATWS, ce qui abaisse fortement le niveau de puissance du cœur avant que les GV ne se vident et limite la remontée en pression du CPP. Enfin, l'ASG démarre pour limiter la baisse de niveau GV et assurer l'évacuation de la puissance primaire.

La chronologie des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.1.13](#).

La figure [FIG-3.6.3.1.4](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire.

La pression maximale au point le plus chargé du CPP est de \square bar abs. \square dans la situation de catégorie 4 la plus pénalisante « perte totale de l'eau alimentaire normale des GV à pleine puissance, sans arrêt automatique du réacteur (ATWS par blocage mécanique des grappes) ».

Cette valeur est inférieure à 130% PC \square .

Le critère de surpression de catégorie 4 est donc respecté.

2. ANALYSES DE LA PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CÔTÉ SECONDAIRE

La protection contre la surpression du côté secondaire est liée à la conception mécanique des circuits secondaires principaux. Les dispositifs de protection permettent de limiter les surpressions pour l'ensemble des équipements du CSP ; ils sont précisés au [TAB-3.6.3.1.1](#). En particulier les soupapes de sûreté des générateurs de vapeur constituent les accessoires de sécurité.

La protection contre les surpressions du côté secondaire est divisée en trois catégories différentes de situations, faisant intervenir différents critères, moyens et règles d'analyse de protection contre les surpressions voir tableau [TAB-3.6.3.1.1](#).

Dans la catégorie 2 :

- le critère de protection contre les surpressions est 100% PC,
- les moyens de protection contre les surpressions suivants sont pris en compte : les régulations, les limitations et les protections, sauf les soupapes,
- pour l'analyse du transitoire de protection contre les surpressions, les incertitudes sont prises en compte pour les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de surpression. Aucune défaillance n'est considérée.

Dans la catégorie 3 :

- le critère de protection contre les surpressions est 110% PC avec toutes les soupapes de sûreté disponibles (n soupapes de sûreté) et 120% PC avec toutes les soupapes de sûreté disponibles sauf une (n-1 soupapes de sûreté). Ces critères de protection contre les surpressions s'appliquent à une conception avec $n < 4$ pour chaque boucle du circuit secondaire principal,
- seules les soupapes de sûreté et un arrêt automatique du réacteur (AAR) provoqué par le système de protection du réacteur sont pris en compte,
- pour les analyses du transitoire de protection contre les surpressions, des hypothèses pénalisantes sont envisagées pour toutes les conditions limites, de manière déterministe. Aucune défaillance n'est considérée (sauf 1 soupape de sûreté pour le critère 120% PC).

Dans la catégorie 4 :

- le critère de protection contre les surpressions est l'absence de dégradation de l'intégrité du circuit secondaire principal. Le non dépassement de 130% PC est un critère de découplage en ce qui concerne cette évaluation,
- toutes les limitations, régulations et protection peuvent être créditées pour limiter la surpression (sauf celles déjà considérées comme indisponibles dans la définition de la séquence) mais par conservatisme, aucune régulation ni limitation ne sont prises en compte, excepté si leur prise en

compte est jugée pénalisante. Les systèmes de protection contre les surpressions utilisés sont le premier signal d'arrêt automatique du réacteur (AAR), les VDA, ainsi que les soupapes de sûreté du pressuriseur et des GV,

- pour l'analyse du transitoire de protection contre les surpressions, les incertitudes sont prises en compte pour les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de pression. Aucune défaillance n'est considérée (sauf celles déjà envisagées dans la définition de la « séquence d'événements multiples »).

2.1. CATÉGORIE 2

1) Critère

Dans la catégorie 2, la pression des GV ne doit pas dépasser 100% PC \square .

La surpression est limitée par le GCT, le VDA, l'arrêt automatique partiel et l'arrêt automatique du réacteur.

Le respect de ce critère se fait en tenant compte des incertitudes et sans faire intervenir de défaillance.

2) Transitoire dimensionnant

Les transitoires de fonctionnement les plus pénalisants sont :

- le délestage avec îlotage,
- le défaut de réseau.

Les incidents de fonctionnement prévus les plus pénalisants sont :

- la perte d'une pompe alimentaire,
- la perte totale des alimentations électriques externes avec échec de l'îlotage,
- le déclenchement turbine,
- la perte de vide au condenseur.

Pour tous ces transitoires, un arrêt automatique partiel du réacteur est mis en œuvre lorsque le niveau de puissance est supérieur à 60% de la puissance nominale. Cela signifie que la puissance neutronique est rapidement abaissée jusqu'à environ 50% de la puissance nominale par chute de plusieurs grappes de contrôle. Lors de l'initiateur « perte de vide au condenseur », la rapidité de l'arrivée de l'AAR sur signal « secondaire indisponible » est telle que l'arrêt automatique partiel du réacteur n'apporte aucun bénéfice supplémentaire.

La perte d'évacuation de la vapeur par le condenseur quelques secondes après l'initiateur fait du transitoire « perte de vide au condenseur » initié à 100% PN le transitoire le plus pénalisant de catégorie 2 du côté secondaire.

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire de « perte de vide au condenseur à 100% de la puissance nominale » est effectuée \square .

Les incertitudes sont prises en compte de manière pénalisante pour les conditions limites qui ont un impact significatif sur le pic de surpression secondaire :

- la plupart des conditions initiales significatives de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point avec des données neutroniques du cœur englobant l'ensemble des cycles de la gestion combustible (voir sous-chapitre 4.3) est utilisé,
- l'efficacité des systèmes participant à la limitation du pic de surpression est minimisée, en prenant le retard maximum d'activation et la capacité minimale de réduction de la pression. Sont concernés :
 - le GCT disponible pendant les premières secondes du transitoire,
 - le VDA,
- l'arrêt automatique du réacteur, sur signal « secondaire indisponible ». Après l'AAR, la puissance résiduelle maximale est prise en compte \square .

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.14](#).

4) Résultats

Lors de la montée en pression dans le condenseur (suite à la perte du vide au condenseur) et à l'atteinte d'une pression de \square mbar dans le condenseur, la turbine est déclenchée, le contournement via le GCT activé et le signal d'AAR sur « secondaire indisponible » émis (voir le détail de la chronologie de l'AAR dans le tableau [TAB-3.6.3.1.7](#)). Le déclenchement turbine provoque une augmentation de la pression secondaire et de la pression primaire. Les vannes GCT s'ouvrent et arrêtent provisoirement l'accroissement de la pression secondaire. Lorsqu'une pression de \square mbar est atteinte dans le condenseur, celui-ci devient indisponible. 7,1 secondes après le déclenchement de la turbine, les vannes GCT se ferment. La pression secondaire monte à nouveau jusqu'à son écrêtement par le VDA. Les soupapes des GV ne sont pas sollicitées.

La chronologie des événements est donnée dans tableau [TAB-3.6.3.1.15](#).

La figure [FIG-3.6.3.1.5](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire.

La pression maximale du GV est de \square bar abs. \square dans la situation de catégorie 2 la plus pénalisante « perte de vide au condenseur à 100% de la puissance nominale ».

Cette valeur est inférieure à 100% PC \square .

Le critère de surpression de catégorie 2 est donc respecté.

Nota : Le fonctionnement en prolongation de cycle est couvert par celui en cycle naturel du point de vue des études de surpressions secondaires de catégorie 2.

2.2. CATÉGORIE 3

1) Critère

Dans la catégorie 3, la pression des GV ne doit pas dépasser :

- 110% PC \square , en supposant 2 soupapes de sûreté GV disponibles par GV (aucune défaillance des soupapes de sûreté GV),
- 120% PC \square , en supposant 1 soupape de sûreté GV disponible par GV (défaillance d'1 soupape de sûreté GV par GV).

De plus il doit être vérifié, après écrêtement du pic de surpression, que les dispositifs de limitation de la pression permettent de ramener de façon durable la pression en dessous de la pression de calcul.

La surpression est limitée par les soupapes de sûreté du pressuriseur et GV, et l'arrêt automatique du réacteur (déclenché par le système de protection du réacteur).

Le respect de ce critère est vérifié sur une base déterministe conservatrice, en ne prenant en compte aucune défaillance (sauf 1 soupape de sûreté GV par GV pour 120% PC).

2) Transitoire dimensionnant

La situation la plus pénalisante de catégorie 3 en ce qui concerne le pic de surpression du côté secondaire est la « fermeture intempestive de toutes les VIV à pleine puissance ».

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire de la « fermeture intempestive de toutes les VIV à pleine puissance » est effectuée \square .

Des hypothèses conservatrices sont prises pour chaque condition limite ayant un impact significatif sur le pic de pression secondaire :

- les conditions initiales de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point est utilisé avec des données neutroniques du cœur pénalisantes englobant l'ensemble des cycles de la gestion du combustible (voir sous chapitre 4.3),
- les systèmes de protection contre la surpression se limitent aux soupapes de sûreté pressuriseur et GV, et à l'arrêt automatique du réacteur. Toutes les données se rapportant à leur efficacité sont pénalisées (comme le retard d'activation et la capacité de réduction de la pression).
- Le signal d'arrêt automatique du réacteur pris en compte est le signal « haute pression GV », prévu pour la protection contre la surpression du côté secondaire.

- Après l'AAR, la puissance résiduelle maximale est prise en compte [1].
- Aucune régulation n'est prise en compte.

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.16](#).

Nota : Le VDA n'est pas modélisé dans les calculs de surpression de 3^e catégorie, dont l'objectif est de montrer le non dépassement de 110% PC (ou 120% PC avec défaillance d'une soupape) avec la seule action des soupapes de sûreté et de l'arrêt automatique du réacteur sur signal dédié. Les soupapes GV étant tarées au-dessus de la PC, la pression secondaire apparaît donc durablement supérieure à la PC. En réalité, la prise en compte du VDA, dont le point de consigne est inférieur à la PC, permet de ramener rapidement la pression en dessous de cette valeur (le délai étant de l'ordre de grandeur de la dizaine de secondes).

4) Résultats

Après la fermeture de toutes les VIV, la pression des 4 GV augmente rapidement et atteint le point de consigne d'arrêt automatique du réacteur (« haute pression GV ») et plus tard le seuil d'ouverture des soupapes de sûreté GV. Les soupapes de sûreté GV (une ou deux prises en compte par GV) puis celles du pressuriseur s'ouvrent et limitent le pic de pression.

La chronologie des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.1.17](#).

Respect du critère de surpression secondaire à 110% PC (catégorie 3) :

La figure [FIG-3.6.3.1.6](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire avec 2 soupapes de sûreté GV disponibles par GV (aucune défaillance des soupapes de sûreté GV).

La pression GV maximale est de [1] bar abs. [1] dans la situation de catégorie 3 la plus pénalisante « fermeture de toutes les VIV à pleine puissance, avec 2 soupapes de sûreté GV disponibles par GV » (aucune défaillance des soupapes de sûreté GV).

Cette valeur est inférieure à 110% PC [1]. Le critère de surpression de catégorie 3 est donc respecté.

Respect du critère de surpression secondaire à 120% PC (catégorie 3) :

La figure [FIG-3.6.3.1.7](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire avec 1 soupape de sûreté GV disponible par GV (défaillance d'1 soupape de sûreté GV par GV).

La pression GV maximale est de [1] bar abs. [1] dans la situation de catégorie 3 la plus pénalisante « fermeture de toutes les VIV à pleine puissance, avec 1 soupape de sûreté GV disponible par GV » (défaillance d'1 soupape de sûreté GV par GV).

Cette valeur est inférieure à 120% PC [1]. Le critère de surpression de catégorie 3 est donc respecté.

Respect du caractère transitoire de la surpression secondaire au-delà de la PC :

La figure [FIG-3.6.3.1.8](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire avec 2 soupapes de sûreté GV disponibles par GV (aucune défaillance des soupapes de sûreté GV) et un VDA disponible après le pic de pression GV pour ramener la pression en dessous de la PC (VDA pris en compte à partir de 30s, temps choisi de manière à permettre une intervention du VDA suffisamment longtemps après le pic de pression).

Pour la situation de catégorie 3 la plus pénalisante « fermeture de toutes les VIV à pleine puissance, avec 2 soupapes de sûreté GV disponibles par GV (aucune défaillance des soupapes de sûreté GV) et le VDA disponible après le pic de pression GV », la pression GV chute à [1] bar abs. après l'ouverture des VDA.

Après le pic de pression secondaire, le VDA permet donc bien de ramener la pression en dessous de la PC.

Nota : Le fonctionnement en prolongation de cycle est couvert par celui en cycle naturel du point de vue des études de surpressions secondaires de catégorie 3.

2.3. CATÉGORIE 4

1) Critère

Dans la catégorie 4, le critère de surpression est la non dégradation de l'intégrité des circuits secondaires principaux. En tant que critère de découplage, la pression GV ne doit pas dépasser 130% PC [1].

Toutes les limitations, régulations et protections peuvent être créditées pour limiter la surpression (sauf celles déjà considérées comme indisponibles dans la définition de la séquence) mais par conservatisme, aucune régulation ni limitation ne sont prises en compte, excepté si leur prise en compte est pénalisante. Les systèmes de protection contre les surpressions utilisés sont le premier signal d'arrêt automatique du réacteur (AAR), les VDA ainsi que les soupapes de sûreté du pressuriseur et des GV.

Deux configurations sont étudiées pour les ATWS : soit en considérant un blocage mécanique des grappes soit en considérant une défaillance du système de protection. Aucune autre défaillance que celles de la séquence n'est prise en compte. Le transitoire le plus pénalisant parmi ces deux configurations est présenté ci-après.

2) Transitoire dimensionnant

La situation la plus pénalisante de catégorie 4 en ce qui concerne le pic de surpression du côté secondaire est la « perte totale de charge secondaire (déclenchement de la turbine sans GCT) », cumulé à un ATWS par blocage mécanique des grappes.

3) Méthode d'analyse

L'analyse du transitoire de la « perte totale de charge secondaire (déclenchement turbine sans GCT) », cumulé à un ATWS par blocage mécanique des grappes, est effectuée [1].

Des hypothèses pénalisées sont prises en compte :

- la plupart des conditions initiales de la tranche sont maximisées ou minimisées selon leur effet,
- un modèle cinétique point avec des données neutroniques du cœur pénalisées englobant l'ensemble des cycles de la gestion combustible (voir sous-chapitre 4.3) est utilisé (par exemple, le coefficient de densité modérateur est pris minimal mais non nul),
- les systèmes de réduction de la surpression disponibles sont les soupapes de sûreté pressuriseur, les soupapes de sûreté GV et le VDA. Le VDA et deux soupapes de sûreté GV par GV sont pris en compte.

Les principales hypothèses sont résumées dans le tableau [TAB-3.6.3.1.18](#).

Les paramètres dominants pour le pic de surpression secondaire sont :

- la puissance initiale du réacteur,
- le seuil d'ouverture et la capacité de décharge des soupapes de sûreté du PZR,
- le seuil d'ouverture et la capacité de décharge du VDA,
- le seuil d'ouverture et la capacité de décharge des soupapes de sûreté des GV.

4) Résultats

Suite au déclenchement turbine à l'instant initial, la pression des 4 GV augmente rapidement, le GCT étant indisponible, et atteint le seuil d'AAR sur haute pression GV (10,5 bar abs à t=7 s), avec émission du signal à t=8,8 s puis simultanément atteint le point de consigne d'ouverture du VDA et le seuil d'ouverture des soupapes de sûreté GV [1]. Le VDA et les deux soupapes de sûreté de chaque GV s'ouvrent et limitent la pression secondaire. Cette dernière se stabilise à 109,7 bar abs, pendant 196,5 s.

Du côté primaire, la pression du pressuriseur augmente et atteint le seuil d'ouverture de la première puis de la deuxième soupape de sûreté du pressuriseur à t=11 et 12,2 s.

La chronologie des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.1.19](#).

La figure [FIG-3.6.3.1.9](#) montre l'évolution des principaux paramètres au cours du transitoire.

La pression maximale des GV est de 10,5 bar abs. [1] dans la situation de catégorie 4 la plus pénalisante « perte totale de charge secondaire (déclenchement turbine sans GCT) », cumulé avec un ATWS par blocage mécanique des grappes.

Cette valeur est inférieure à 130% PC [1].

Le critère de surpression de catégorie 4 est donc respecté.

TAB-3.6.3.1.1 CONCEPT DE PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS

	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
Catégorie des conditions de charge	Conditions normales / perturbées - transitoires de fonctionnement - incidents d'exploitation prévus	Situations exceptionnelles - accidents peu fréquents	Situations de 4^{ème} catégorie (événements uniques et séquence d'évènement multiples RRC-A) - accidents dimensionnants
Critère de protection contre les surpressions	$p \leq 100\% \text{ PC}$	$p \leq 110\% \text{ PC}$ (n soupapes sûreté) $p \leq 120\% \text{ PC}$ (n-1 soupapes sûreté) (n < 4)	Intégrité du composant ou $p \leq 130\% \text{ PC}$
Moyens de protection contre les surpressions	arrêt auto partiel, AAR GCT, VDA aspersion PZR	AARsoupapes sûreté GV soupapes sûreté PZR	- Dans la configuration d'ATWS par blocage mécanique des grappes : VDA, soupapes sûreté GV et PZR.
Conditions de charge les plus pénalisantes	<u>Côté secondaire :</u> - Perte de vide au condenseur <u>Côté primaire :</u> - PTAAE avec échec de l'ilotage	<u>Côté secondaire :</u> - Fermeture intempestive de toutes les VIV <u>Côté primaire</u> - Fermeture intempestive de toutes les VIV	<u>Côté secondaire :</u> - ATWS par blocage mécanique des grappes lors d'une perte totale de charge secondaire (DT sans GCT) <u>Côté primaire :</u> - ATWS par blocage mécanique des grappes lors de la perte totale de l'eau alimentaire des GV
	Analyse avec : - arrêt auto partiel, 1 ^{er} AAR, - hypothèses pénalisantes, - aucune défaillance.	Analyse avec : - 1 ^{er} AAR, - hypothèses pénalisantes, - aucun VDA pris en compte, - aucune défaillance (sauf 1 soupape sûreté pour le critère 120% PC).	Analyse avec : - 1 ^{er} signal d'AAR, - hypothèses pénalisantes, - aucune défaillance (hormis celles liées à l'initiateur).

**TAB-3.6.3.1.2 CARACTÉRISTIQUES DE L'ASPERSION
NORMALE DU PRESSURISEUR**

□

TAB-3.6.3.1.3 CARACTÉRISTIQUES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ PRESSURISEUR

□

□

TAB-3.6.3.1.4 CARACTÉRISTIQUES DU GCT

□

TAB-3.6.3.1.5 CARACTÉRISTIQUES DU VDA

□

□

TAB-3.6.3.1.6 CARACTÉRISTIQUES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ GV

□

□

**TAB-3.6.3.1.7 CARACTÉRISTIQUES DE L'ARRÊT
AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR**

□

TAB-3.6.3.1.8 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DU CPP : CATÉGORIE 2 PTAAE AVEC ÉCHEC DE
L'ILOTAGE À PLEINE PUISSANCE – HYPOTHÈSES

□

TAB-3.6.3.1.9 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DU CPP : CATÉGORIE 2
PTAEE AVEC ÉCHEC DE L'ILOTAGE À PLEINE PUISSANCE
- SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS

<u>Temps (s)</u>	<u>Événements</u>
5,0	Perte totale des alimentations électriques externes avec échec de l'îlotage
6,85	Ouverture du GCT
7,15	Atteinte du seuil de basse vitesse GMPP
7,55	Emission du signal d'AAR sur basse vitesse GMPP
□	Début de la chute des grappes
8,2	Ouverture de la 1ère ligne de l'aspersion normale du PZR
8,6	Ouverture de la 2ème ligne de l'aspersion normale du PZR
	Pic de pression au point le plus chargé du CPP
10,55	□
	Pic de pression dans le pressuriseur
11,2	□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.1

PAGE 24/42

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TAB-3.6.3.1.10 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE HYPOTHÈSES

□

TAB-3.6.3.1.11 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTÉPESTIVE DE TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS

<u>Temps (s)</u>		<u>Événements</u>
3 soupapes pressuriseur	2 soupapes pressuriseur	
1,0	1,0	Fermeture intempestive de toutes les VIV
8,3	8,3	Atteinte du point de consigne « très haute pression PZR » d'arrêt automatique du réacteur □
9,2	9,2	Activation du signal d'AAR sur « très haute pression PZR » □
□	□	Début de la chute des grappes
10,7	Non	Ouverture de la 1 ^{ère} soupape de sûreté PZR □
11,4	11,3	Ouverture de la 2 ^{ème} soupape de sûreté PZR □
Non	11,9	Ouverture de la 3 ^{ème} soupape de sûreté PZR □
12,2 □ □	12,5 □ □	Pic de pression au point le plus chargé du CPP
13,4 □	13,4 □	Pic de pression dans le pressuriseur

**TAB-3.6.3.1.12 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DU CPP : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU
ALIMENTAIRE DES GV À PLEINE PUISSANCE AVEC
ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR
(ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES) -
HYPOTHESES**

□

**TAB-3.6.3.1.13 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DU CPP : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU
ALIMENTAIRE NORMALE DES GV À PLEINE PUISSANCE
AVEC ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU RÉACTEUR
(ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES)
SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS**

<u>Temps (s)</u>	<u>Événements</u> ¹⁵
10,0	Perte totale de l'eau alimentaire normale des GVDéclenchement turbine provoqué par le signal « chute automatique de toutes les grappes sur perte de débit ARE » (réalisé de façon pénalisante à l'initiateur)
17,1	Emission du signal d'AAR sur « très haute pression pressuriseur » □
19,2	Ouverture de la 1 ^{ère} soupape de sûreté du PZR □
20,2	Ouverture de la 2 ^{ème} soupape de sûreté du PZR □ Pic de pression PZR = □
20,9	Pic de pression CPP = □ (aval GMPP) □
24,3	Ouverture des VDA
55,1	Ouverture des soupapes de sûreté GV □
62,6	Injection d'eau borée par le RBS suite au signal ATWS ¹⁶
83,0	Arrêt des pompes primaires (GMPP) signaux ATWS et « bas niveau GV MIN1p (GE) »
151,8	Démarrage de l'ASG

15. description complémentaire dans le sous-chapitre 19.1.

16. aucun impact sur le pic de surpression du CPP (arrivée du bore du RBS dans le cœur, voir le sous-chapitre 19.1).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.1

PAGE 28/42

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TAB-3.6.3.1.14 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV : CATÉGORIE 2 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR À 100% DE LA PUISSANCE NOMINALE HYPOTHÈSES

□

**TAB-3.6.3.1.15 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DES GV : CATÉGORIE 2 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR
À 100% DE LA PUISSANCE NOMINALE SÉQUENCE DES
ÉVÉNEMENTS**

<u>Temps (s)</u>	<u>Événements</u>
□	Déclenchement turbine
6,85	Ouverture du GCT
7,0	Emission du signal « secondaire indisponible »
7,45	Emission du signal d'AAR sur secondaire indisponible
□	Début de la chute des grappes
12,10	Début de fermeture des vannes du GCT en 0 s
18,2	Pic de pression GV □ et ouverture du VDA

**TAB-3.6.3.1.16 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE
TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE HYPOTHÈSES**

□

**TAB-3.6.3.1.17 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DES GV : CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE
TOUTES LES VIV À PLEINE PUISSANCE SÉQUENCE DES
ÉVÉNEMENTS**

<u>Temps (s)</u>		<u>Evénements</u>
2 soupapes GV / GV	1 soupape GV / GV	
1,0	1,0	Fermeture intempestive de toutes les VIV
6,0	6,0	Atteinte du point de consigne « haute pression GV » d'arrêt automatique du réacteur □
6,9	6,9	Activation du signal d'AAR sur « haute pression GV » □
□	□	Début de chute des grappes
11	11	Ouverture des soupapes de sûreté GV □
12,9	12,9	Fermeture de la vanne d'isolement GD ARE
15	15,6	
□	□	Pic de pression GV
□	□	



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.1

PAGE 32/42

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**TAB-3.6.3.1.18 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DES GV : CATÉGORIE 4 (ATWS PAR BLOCAGE
MÉCANIQUE DES GRAPPES) HYPOTHÈSES**

□

**TAB-3.6.3.1.19 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION
DES GV : CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE CHARGE
SECONDAIRE (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES
GRAPPES) SÉQUENCE DES ÉVÉNEMENTS**

<u>Temps (s)</u>	<u>Événements</u>
1,0	Déclenchement turbine
8,8	Activation du signal d'AAR sur « haute pression GV » □
10,5	Ouverture de la VI-VDA □
11	Ouverture de la 1 ^{ère} soupape de sûreté PZR □
12,2	Ouverture de la 2 ^{ème} soupape de sûreté PZR □
15,4	Ouverture des soupapes de sûreté GV
62,1	Atteinte du palier de pression secondaire maximale □
269,9	Signal d'arrêt des GMPP (sur signal ATWS + bas niveau GV (9%))

FIG-3.6.3.1.1 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP :
CATÉGORIE 2 PTAAE AVEC ÉCHEC DE L'ILOTAGE À PLEINE
PUISSANCE

□

FIG-3.6.3.1.2 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP :
CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À
PLEINE PUISSANCE AVEC 3 SOUPAPES DE SÛRETÉ
PRESSURISEUR DISPONIBLES (AUCUNE DÉFAILLANCE)

□

FIG-3.6.3.1.3 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP :
CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À
PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ
PRESSURISEUR DISPONIBLES (DÉFAILLANCE DE LA 1ÈRE
SOUPAPE DE SÛRETÉ PRESSURISEUR)

□

**FIG-3.6.3.1.4 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DU CPP :
CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE L'EAU ALIMENTAIRE DES GV À
PLEINE PUISSANCE AVEC ÉCHEC DE L'ARRÊT AUTOMATIQUE DU
RÉACTEUR (ATWS PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES)**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.1

PAGE 38/42

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.6.3.1.5 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV :
CATÉGORIE 4 PERTE DE VIDE AU CONDENSEUR À 100% DE LA
PUISSANCE NOMINALE

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.1

PAGE 39/42

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.6.3.1.6 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV :
CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À
PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ GV
DISPONIBLES PAR GV (AUCUNE DÉFAILLANCE)

□

FIG-3.6.3.1.7 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV :
CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À
PLEINE PUISSANCE AVEC 1 SOUPE DE SÛRETÉ GV
DISPONIBLE PAR GV (DÉFAILLANCE D'1 SOUPE DE SÛRETÉ
GV PAR GV)

□

FIG-3.6.3.1.8 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV :
CATÉGORIE 3 FERMETURE INTEMPESTIVE DE TOUTES LES VIV À
PLEINE PUISSANCE AVEC 2 SOUPAPES DE SÛRETÉ GV
DISPONIBLES PAR GV (AUCUNE DÉFAILLANCE) ET ACTIVATION
DU VDA APRÈS LE PIC DE PRESSION GV

□







FIG-3.6.3.1.9 PROTECTION CONTRE LA SURPRESSION DES GV :
CATÉGORIE 4 PERTE TOTALE DE CHARGE SECONDAIRE (ATWS
PAR BLOCAGE MÉCANIQUE DES GRAPPES)

□

SOMMAIRE

.3.6.3.2 ANALYSE DE LA PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID	3
1. PROTECTION DU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL	3
2. CATÉGORIE 2	3
3. CATÉGORIE 3	4
4. CATÉGORIE 4	4
5. PRISE EN COMPTE DE MODIFICATIONS COMPLEMENTAIRES EN COHERENCE AVEC L'ETAT FINAL DE CONCEPTION	5
LISTE DES RÉFÉRENCES.	6

TABLEAUX :

TAB-3.6.3.2.1 CARACTÉRISTIQUES LES PLUS PÉNALISANTES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ DU PRESSURISEUR EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID	7
TAB-3.6.3.2.2 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2  HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES.....	8
TAB-3.6.3.2.3 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3  HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES.....	9
TAB-3.6.3.2.4 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4  HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES.....	10
TAB-3.6.3.2.5 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2  CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS	11
TAB-3.6.3.2.6 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3  CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS	12
TAB-3.6.3.2.7 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4  CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS	13

FIGURES :

FIG-3.6.3.2.1 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2  RÉSULTATS.....	14
FIG-3.6.3.2.2 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3  RÉSULTATS.....	15
FIG-3.6.3.2.3 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4  RÉSULTATS.....	16

.3.6.3.2 ANALYSE DE LA PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID

Cette section ne traite que de la limitation de la surpression en état d'arrêt à froid vis-à-vis du risque de rupture brutale ; la protection contre la surpression vis-à-vis du respect des critères réglementaires liés au dépassement de la pression de calcul est traitée en section 3.6.3.1, l'état d'arrêt à froid n'étant pas limitatif par rapport aux états à chaud.

La présente section a pour but de justifier que le niveau de pression atteint dans le circuit primaire pour les transitoires de catégorie 2, 3 et 4 est compatible avec l'analyse du risque de rupture brutale de la cuve en état d'arrêt à froid, sujet traité en section 5.2.4. Il est justifié dans cette section que les moyens de protection contre les surpressions limitent la pression à des niveaux de l'ordre de grandeur de la pression de tarage des soupapes, niveaux de pression compatibles avec l'analyse réalisée en section 5.2.4.

Pour chaque catégorie de situation de fonctionnement, on définit :

- les moyens de protection contre les surpressions qui sont les dispositifs de réduction de la surpression envisagés pour le respect du critère,
- les règles d'analyse de protection contre les surpressions, définissant les conditions limites prises en compte dans l'analyse des transitoires de surpression visant à démontrer que le critère est respecté.

1. PROTECTION DU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL

La protection contre les surpressions primaires en état d'arrêt à froid est divisée en trois catégories différentes, mettant en jeu les mêmes moyens de protection et règles d'analyses que ceux décrits dans la section 3.6.3.1.

Du fait des conditions à froid, des exigences particulières sont à considérer pour la protection du circuit primaire principal. Lorsque la température du réfrigérant est froide, l'intégrité du circuit primaire principal pourrait être affectée par le risque de rupture brutale de la cuve. Un tel risque est en fait particulièrement important pour une température du réfrigérant primaire proche de la 0°C .

Les critères à respecter sont définis selon les règles RCC-M (voir sous-chapitre 1.6) \square . Il faut vérifier que, en prenant comme hypothèse le défaut de référence initial défini selon ces règles, la charge résultant de chaque événement envisagé ne pourra pas provoquer une rupture brutale de la cuve. Le respect de ce critère est traité à la section 5.2.4.

2. CATÉGORIE 2

- 1) Moyens de protection contre les surpressions
Les moyens de protection contre les surpressions pris en compte dans l'étude des transitoires de catégorie 2 sont les régulations, les limitations et les protections. Les soupapes de sûreté du pressuriseur ne sont pas créditées.
- 2) Transitoire dimensionnant
Le transitoire de catégorie 2 le plus pénalisant en ce qui concerne le pic de pression primaire est \square
La séquence est la suivante :
 \square
- 3) Méthode d'analyse
 \square
Des hypothèses et incertitudes conservatives sont prises pour chaque condition limite ayant un impact significatif sur le pic de pression primaire.
Les principales hypothèses sont résumées dans les tableaux [TAB-3.6.3.2.1](#) et [TAB-3.6.3.2.2](#).

4) Résultats

□
□

La chronologie des événements est donnée dans le tableau [TAB-3.6.3.2.5](#).

La figure [FIG-3.6.3.2.1](#) montre l'évolution de la pression primaire □.

La pression maximale au point le plus sollicité du RCP (aval des GMPP) est de □ bar abs pour la situation de fonctionnement de catégorie 2 la plus pénalisante.

Ce niveau de pression est compatible avec l'étude du risque de rupture brutale de la cuve (voir section 5.2.4).

3. CATÉGORIE 3

1) Moyens de protection contre les surpressions

Les moyens de protection contre les surpressions pris en compte dans l'étude des transitoires de catégorie 3 sont les protections et la 3^{ème} soupape de sûreté du pressuriseur □.

2) Transitoire dimensionnant

Le transitoire de catégorie 3 le plus pénalisant en ce qui concerne le pic de pression primaire est □

La séquence étudiée □. Il en résulte une pressurisation du circuit primaire par les pompes de charge plus importante qu'en catégorie 2.

3) Méthode d'analyse

□

Des hypothèses et incertitudes conservatives sont prises pour chaque condition limite ayant un impact significatif sur le pic de pression primaire.

Les principales hypothèses sont résumées dans les tableaux [TAB-3.6.3.2.1](#) et [TAB-3.6.3.2.3](#).

4) Résultats

□

La chronologie des événements est donnée au tableau [TAB-3.6.3.2.6](#).

La figure [FIG-3.6.3.2.2](#) montre l'évolution de la pression primaire au point le plus chargé et l'évolution de la pression du pressuriseur au cours du transitoire.

La pression maximale à l'endroit le plus sollicité du RCP est de □ bar abs pour la situation de fonctionnement de catégorie 3 la plus pénalisante.

Ce niveau de pression est compatible avec l'étude du risque de rupture brutale de la cuve (voir section 5.2.4).

4. CATÉGORIE 4

1) Moyens de protection contre les surpressions

Les moyens de protection contre les surpressions pris en compte dans l'étude des transitoires de catégorie 4 sont les fonctions de protections et la 3^{ème} soupape de sûreté du pressuriseur □.

2) Transitoire dimensionnant

Le transitoire de catégorie 4 le plus pénalisant en ce qui concerne le pic de pression primaire est □.

La séquence □.

3) Méthode d'analyse

□

Des hypothèses et incertitudes conservatives sont prises pour chaque condition limite ayant un impact significatif sur le pic de pression primaire.

Les principales hypothèses sont résumées dans les tableaux [TAB-3.6.3.2.1](#) et [TAB-3.6.3.2.4](#).

4) Résultats

□

La chronologie des événements est donnée au tableau [TAB-3.6.3.2.7](#).

La figure [FIG-3.6.3.2.3](#) montre l'évolution de la pression primaire au point le plus chargé et l'évolution de la pression du pressuriseur au cours du transitoire.

La pression maximale à l'endroit le plus sollicité du RCP est de □ bar abs pour la situation de fonctionnement de catégorie 4 la plus pénalisante.

Ce niveau de pression est compatible avec l'étude du risque de rupture brutale de la cuve (voir section 5.2.4).

5. PRISE EN COMPTE DE MODIFICATIONS COMPLEMENTAIRES EN COHERENCE AVEC L'ETAT FINAL DE CONCEPTION

Les hypothèses et résultats présentés aux [§ 2.](#), [§ 3.](#) et [§ 4.](#) sont affectés par une modification concernant la valeur des débits RIS, introduite entre l'état intermédiaire et celui en cohérence avec l'état final de conception.

Une analyse d'impact [¶](#) a démontré l'absence d'impact sur les conclusions « sûreté » de cette modification, les conclusions présentées aux [§ 2.](#), [§ 3.](#) et [§ 4.](#) ne sont donc pas remises en cause.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.2

PAGE 6/16

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

TAB-3.6.3.2.1 CARACTÉRISTIQUES LES PLUS PÉNALISANTES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ DU PRESSURISEUR EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID

□

**TAB-3.6.3.2.2 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2** □
HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.2

PAGE 9/16

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**TAB-3.6.3.2.3 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3** □
HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES

□

**TAB-3.6.3.2.4 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4** □
HYPOTHÈSES LES PLUS PÉNALISANTES

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.2

PAGE 11/16

**TAB-3.6.3.2.5 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2** □
CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.2

PAGE 12/16

TAB-3.6.3.2.6 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3 □ CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.3.2

PAGE 13/16

TAB-3.6.3.2.7 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4 □ CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS

□

**FIG-3.6.3.2.1 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 2****RÉSULTATS**

□

**FIG-3.6.3.2.2 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 3****RÉSULTATS**

□

□

**FIG-3.6.3.2.3 PROTECTION CONTRE LES SURPRESSIONS
PRIMAIRES EN ÉTAT D'ARRÊT À FROID : CATÉGORIE 4****RÉSULTATS**

□

□

3.6.4 ESSAIS

3.6.4.1 ESSAIS ET ANALYSES DYNAMIQUES

3.6.4.2 ESSAIS EN SERVICE DES POMPES ET VANNES

SOMMAIRE

.3.6.4.1	ESSAIS ET ANALYSES DYNAMIQUES	2
1.	ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS	2
1.1.	ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS SUR LES BOUCLES PRIMAIRES ET SUR LA LIGNE D'EXPANSION DU PRESSURISEUR	2
1.2.	ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS SUR LES LIGNES VAPEUR PRINCIPALES DU CIRCUIT SECONDAIRE	2
2.	ESSAIS DE QUALIFICATION SISMIQUE DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ	3
3.	RÉPONSE VIBRATOIRE SOUS ÉCOULEMENTS DES ÉQUIPEMENTS INTERNES DE CUVE	3
4.	ESSAIS VIBRATOIRES PRÉ-OPÉRATIONNELS SUR LES ÉQUIPEMENTS INTERNES DE CUVE	5
5.	ANALYSE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES ÉQUIPEMENTS INTERNES DANS UNE SITUATION HAUTEMENT IMPROBABLE	5

.3.6.4.1 ESSAIS ET ANALYSES DYNAMIQUES

1. ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS

Des essais vibratoires sont prévus sur les lignes primaires principales et vapeur principales. Ils permettent, entre autres, de vérifier que ces tuyauteries ne subissent pas d'endommagements liés à d'éventuelles sollicitations vibratoires et donc de s'affranchir de situations vibratoires susceptibles de remettre en cause l'intégrité de ces lignes pour lesquelles est postulée une exclusion de rupture.

1.1. ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS SUR LES BOUCLES PRIMAIRES ET SUR LA LIGNE D'EXPANSION DU PRESSURISEUR

Une évaluation détaillée des vibrations de la tuyauterie et des effets dynamiques sur les boucles primaires, leur système de supportage et la ligne d'expansion du Pressuriseur est réalisée sur la base d'une analyse modale du comportement des boucles de refroidissement primaire en accord avec la grande expérience d'exploitation acquise avec les chaudières de 900 MWe, de 1300 MWe et du palier N4. Des résultats de cette évaluation découlent la mise en place d'un programme d'essais comportant des observations visuelles à mener lors des essais fonctionnels de démarrage de la centrale.

L'objectif de ces essais est de confirmer que le système est correctement conçu et supporté pour prévenir les vibrations, comme l'exige la section B 3622.5 du RCC-M (voir sous-chapitre 1.6). Les essais incluent des démarrages et des arrêts des groupes motopompes primaires. Une attention particulière est apportée aux endroits où les vibrations les plus importantes sont attendues (milieu de tronçon).

Il est à noter que la disposition et la taille de la tuyauterie des boucles primaires et de la ligne d'expansion des réacteurs EPR sont similaires à celles installées dans les centrales actuellement en exploitation. L'expérience acquise avec les centrales en exploitation indique que la tuyauterie des boucles primaires et de la ligne d'expansion est conçue et supportée correctement afin de minimiser les vibrations.

De plus, les niveaux de vibration des groupes motopompes primaires, qui constituent la seule composante mécanique qui pourrait induire des vibrations des boucles primaires et de la ligne d'expansion, sont mesurés et surveillés comme indiqué dans le paragraphe 1.4 de la section 5.4.1.

Des tests sont généralement effectués lors d'essais fonctionnels à chaud afin de vérifier que le circuit primaire peut se dilater librement et que les jeux entre les butées et les équipements sont acceptables.

1.2. ANALYSE DES EFFETS DES VIBRATIONS SUR LES LIGNES VAPEUR PRINCIPALES DU CIRCUIT SECONDAIRE

Les mesures prises afin de réduire les charges vibratoires sur les lignes vapeur principales, telles que la bonne implantation des circuits et des équipements et le bon réglage des supports de tuyauterie, sont vérifiées par le contrôle des réponses vibratoires de ces équipements lors d'essais effectués dans des conditions de démarrage ou de service initial.

Ces essais visent à confirmer que ces circuits, composants et supports de tuyauterie ont été correctement conçus afin de supporter les charges dynamiques dues à l'écoulement vapeur dans les conditions de fonctionnement en régime transitoire et permanent prévues pendant l'exploitation.

Le programme d'essais comporte une liste de différents modes de fonctionnement, une liste d'emplacements sélectionnés pour l'inspection visuelle et les mesures, les critères d'acceptation, et les actions correctives possibles en cas d'apparition de toute vibration excessive. La méthodologie générale est basée sur la norme ASME OM3. Les mesures habituelles sont les vitesses maximales (ou les valeurs moyennes quadratiques) à mi-portée des secteurs de tuyauterie continus ou aux extrémités des sections de tuyauterie en porte-à-faux.

2. ESSAIS DE QUALIFICATION SISMIQUE DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ

L'opérabilité d'un équipement mécanique classé séisme SC1 (voir le sous-chapitre 3.2) doit être démontrée si l'équipement est considéré comme étant actif, i.e. tel qu'une fonction de sûreté repose sur son fonctionnement mécanique.

L'opérabilité des pompes de classe de conception et de réalisation Q2 et Q3, des vannes de classe de conception et de réalisation Q1, Q2 ou Q3, et de leurs commandes respectives, ainsi que des équipements manuels et auxiliaires essentiels de la chaudière nucléaire sera démontrée par le respect des critères précisés à la section 3.6.3. L'opérabilité des autres équipements mécaniques actifs classés SC1 sera démontrée aptes au service par des essais ou des analyses, ou une combinaison d'essais et d'analyses. Des procédures d'essai similaires aux procédures présentées au sous-chapitre 3.7 pour les matériels électriques seront utilisées afin de démontrer l'opérabilité d'un composant si celui-ci est d'une complexité mécanique ou structurelle telle que sa réponse ne peut pas être correctement prévue par voie analytique. Une analyse pourra être utilisée si l'équipement relève d'une modélisation ou d'une analyse dynamique.

L'intégrité structurale et la capacité fonctionnelle d'un équipement passif (i.e. non-actif) classé séisme SC1 seront démontrées de l'une des manières suivantes :

- par une analyse qui montre le respect des critères des contraintes applicables à la pièce ou à l'équipement particulier, ou,
- par un essai montrant que l'équipement conserve son intégrité structurale dans l'environnement simulé par l'essai.

3. RÉPONSE VIBRATOIRE SOUS ÉCOULEMENTS DES ÉQUIPEMENTS INTERNES DE CUVE

Le retour d'expérience international montre que les vibrations des internes de cuve peuvent provenir :

- d'écoulements turbulents,
- d'interactions fluide-structure (telles qu'un détachement tourbillonnaire).

Les ondes acoustiques induites par exemple par les pompes primaires (fréquence de rotation, fréquence de passage des aubes) constituent théoriquement une source d'excitation vibratoire pour les internes de cuve. Elles ne jouent cependant qu'un rôle très limité dans la réponse vibratoire des internes pour les deux raisons suivantes :

- le niveau d'énergie des sources acoustiques est plus bas que celui dû aux turbulences,
- les fréquences des sources acoustiques sont élevées comparées à la plupart des fréquences de vibration des internes.

D'autre part, aucun problème dû à des sources acoustiques n'a été reporté pour des réacteurs à eau pressurisée.

L'excitation des structures internes de la cuve par l'écoulement du réfrigérant primaire est donc essentiellement aléatoire, due à des turbulences telles que par exemple la turbulence de l'écoulement descendant dans l'espace annulaire entre la cuve et l'enveloppe du cœur. Cette turbulence génère principalement une excitation basse fréquence car la densité spectrale des fluctuations de pression diminue rapidement avec la fréquence.

Pour cette raison le comportement vibratoire des équipements internes se situe principalement dans la gamme des basses fréquences (0 à 30 Hz). Les modes poutre de l'enveloppe du cœur se situent




typiquement autour de 8 Hz. Les autres composants des équipements internes ont des fréquences de réponse plus élevées. Tous les niveaux de déplacement et de contrainte sont généralement très bas.

Les équipements internes de la cuve du réacteur EPR sont similaires à ceux des centrales à quatre boucles existant actuellement en France ou en Allemagne. Cependant, ils bénéficient de certaines évolutions qui peuvent modifier les vibrations dues à l'écoulement. Ces évolutions sont :

- l'augmentation de la section d'écoulement dans le collecteur annulaire entre la cuve et l'enveloppe du cœur,
- la modification du nombre et de la forme des supports radiaux inférieurs,
- la suppression de la structure d'instrumentation inférieure et l'installation d'un dispositif de distribution de l'écoulement,
- l'augmentation du nombre d'assemblages combustibles,
- le remplacement du cloisonnement par un réflecteur lourd,
- la modification de la conception et du nombre des guides de grappes,
- l'installation dans les équipements internes supérieurs des guides de l'instrumentation du cœur,
- la modification des conduits des thermocouples.

Certains de ces changements (conception des guides de grappes, guides des thermocouples) ont déjà été mis en œuvre dans les centrales Konvoi de Siemens avec une très bonne expérience d'exploitation.

Afin de vérifier que ces changements n'engendrent pas de modifications dommageables de la réponse vibratoire des équipements internes, les essais suivants ont été réalisés sur maquettes :

- 1) Essais  sur la maquette mécanique du même nom des équipements internes inférieurs (enveloppe de cœur, réflecteur lourd, fond support de cœur, système de distribution de débit), voir le paragraphe 2.1.2 du sous-chapitre 1.5.
L'objectif de ces essais était dans un premier temps la caractérisation des internes inférieurs en termes de raideur, de fréquences propres et de modes propres, au travers d'un programme mettant en scène ensemble ou séparément des répliques du réflecteur lourd, de l'enveloppe de cœur et du système de distribution de débit, en air et en eau calme.
Dans un second temps, la réponse vibratoire globale sous écoulement des internes inférieurs et les caractéristiques des sources d'excitation ont été mesurées dans des conditions de débit représentatives du fonctionnement.
Un modèle numérique a été utilisé afin de consolider, compléter et interpréter les résultats des essais.
Les résultats des essais et des calculs permettent de valider la conception des internes inférieurs de cuve du réacteur EPR.
- 2) Essais  sur la maquette mécanique des guides de grappes avec les grappes de commande installées dans la boucle d'essai du même nom, voir le paragraphe 2.1.2 du sous-chapitre 1.5.
Les essais  font partie du programme de qualification de la conception des guides de grappes. Ces essais ont été subdivisés en 3 phases :
 - la phase 1 qui a permis d'optimiser et figer la conception du guide de grappe,
 - la phase 2 durant laquelle des mesures d'amplitudes de vibrations, d'impacts des crayons de grappe, de pertes de charge et de traînées ont validé ces choix de conception,
 - la phase 3 durant laquelle les vibrations sous écoulement du guide de grappe ont été mesurées. Les essais de fatigue accélérés qui ont ensuite été menés sur la base des amplitudes vibratoires mesurées en phase 2 concluent à l'absence de risque de fatigue vibratoire pour les guides de grappe.
 - Une quatrième et dernière phase où les pertes de charge à travers les différents orifices de la plaque supérieure de cœur ont été mesurées (orifices libres ou surmontés d'une colonne normale) a permis de valider la conception des colonnes normales et LMP.

Ces essais valident le bon comportement vibratoire sous écoulement des internes de cuve.

4. ESSAIS VIBRATOIRES PRÉ-OPÉRATIONNELS SUR LES ÉQUIPEMENTS INTERNES DE CUVE

- 1) Des essais pré-opérationnels de vibrations sous écoulement seront effectués sur chaque nouvel ensemble d'équipements internes. Ces essais se déroulent pendant les essais dits à froid et à chaud (essais de la chaudière avant mise en service et sans combustible). Il s'agit de la pratique standard pour les équipements internes de la cuve. Les essais seront réalisés avant le chargement du cœur, dans les conditions nominales de température et de pression avec les quatre pompes primaires en service. Pendant l'essai, les équipements internes seront soumis à des conditions plus sévères que celles de l'écoulement normal car les quatre pompes primaires seront en service sans la présence du cœur. La durée des essais sera d'au moins 240 heures ce qui permet d'atteindre environ 10^7 cycles de vibrations sur les éléments structurels principaux des internes. De plus, certaines phases de ces essais se dérouleront avec seulement un, deux et trois pompes en service.
- 2) Avant et après l'essai à chaud, un large programme d'inspection des équipements internes sera effectué. Ces inspections porteront spécialement sur les zones suivantes :
 - toutes les surfaces d'appui des équipements internes assurant le maintien en place de la structure du cœur,
 - les surfaces des internes en interfaces avec la cuve (supports latéraux et verticaux à l'intérieur),
 - les éléments filetés et les dispositifs d'arrêt correspondant, dont la défaillance pourrait nuire à l'intégrité structurale des équipements internes,
 - l'intérieur de la cuve sera également contrôlé avant et après l'essai fonctionnel à chaud, avec les équipements internes retirés. La vérification sera faite de l'état des surfaces de contact avec les internes (supports latéraux et verticaux à l'intérieur de la cuve), ainsi que de l'absence de pièces desserrées ou de corps étrangers.

Ce contrôle sera réalisé avec des moyens optiques appropriés. Les normes d'acceptation sont identiques à celles requises en atelier par les plans d'équipement et les spécifications d'équipement. Si aucun signe d'usure anormale ou de vibrations excessives n'est détecté, et si aucune modification structurale apparente ne se produit, les équipements internes seront considérés comme structurellement aptes au service.

Des mesures supplémentaires seront réalisées sur la tête de série du réacteur EPR lors de sa mise en service. Les principaux composants des équipements primaires seront équipés pendant les essais à chaud d'une instrumentation spécifique permettant la mesure de leur réponse vibratoire. Cette instrumentation sera retirée avant le chargement du cœur. L'objectif est de confirmer que le comportement vibratoire observé est cohérent avec les prédictions issues des essais sur maquette et des calculs.

5. ANALYSE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES ÉQUIPEMENTS INTERNES DANS UNE SITUATION HAUTEMENT IMPROBABLE

Voir section 3.6.1.3.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 6.4.2

PAGE 1/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.6.4.2 ESSAIS EN SERVICE DES POMPES ET VANNES 2

.3.6.4.2 ESSAIS EN SERVICE DES POMPES ET VANNES

Les Règles Générales d'Exploitation (RGE) d'une installation nucléaire de base (INB) fixent un corpus de règles spécifiques à l'exploitation de la tranche qui doivent être respectées par l'exploitant pour rester dans le cadre de la démonstration de sûreté nucléaire du Rapport de Sûreté (RDS).

Les essais périodiques constituent le chapitre IX des RGE, ils s'inscrivent dans une démarche de surveillance en exploitation et à ce titre représentent un maillon essentiel de la sûreté en exploitation.

Les essais périodiques RGE concernent toutes les fonctions classées de sûreté et les EIPS nécessaires à l'accomplissement de ces fonctions.

Un critère à satisfaire dans le cadre des essais périodiques RGE est une donnée à laquelle doit être comparé le résultat de la mesure ou d'une observation lors des essais. Cette comparaison permet de statuer sur l'aptitude d'une fonction de sûreté à remplir son rôle vis-à-vis des objectifs de sûreté qui lui sont assignés à la conception.

Les critères de sûreté (critères S) sont les paramètres et les valeurs de référence associées à ces paramètres (valeurs, plages, états, ...) dont le non-respect compromet :

- L'aptitude de tout ou partie d'une fonction de sûreté à assurer sa mission telle que définie dans les études du RDS, ou
- Une hypothèse déterminante choisie pour les conditions de fonctionnement décrites dans les études d'accidents du RDS.

Les critères S sont des critères fonctionnels issus des études de sûreté du RDS ou sont représentatifs de l'indisponibilité des matériels nécessaires à l'accomplissement des fonctions de sûreté testées.

Dans ce cadre, toutes les pompes et robinets nécessaires pour assurer les fonctions de sûreté font l'objet d'essais conformément au programme des EP RGE.

3.7 QUALIFICATION DES EIPS POUR LEUR RÔLE DANS LA DEMONSTRATION DE SURETE

3.7.0 DÉMARCHE GÉNÉRALE DE QUALIFICATION DES EIPS

3.7.1 QUALIFICATION DES EIPS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

3.7.2 DÉMARCHE DE QUALIFICATION DES EIPS VIS-À-VIS DES AGRESSIONS

3.7.3 QUALIFICATION DES EIPS DU NOYAU DUR

3.7.4 QUALIFICATION DES EIPR



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.0

PAGE 1/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.7.0 DÉMARCHE GÉNÉRALE DE QUALIFICATION DES EIPS	2
LISTE DES RÉFÉRENCES.	3

.3.7.0 DÉMARCHE GÉNÉRALE DE QUALIFICATION DES EIPS

Conformément au V de l'article 2 du décret [Réf \[1\]](#), la démonstration doit être apportée que les matériels installés dans l'installation respectent les exigences fonctionnelles qui leur sont affectées en relation avec leurs rôles dans la démonstration de sûreté, dans les conditions d'environnement associées aux situations dans lesquelles ils sont requis. Des dispositions d'études, d'essais, de contrôle et de maintenance sont définies et mises en œuvre en vue d'assurer la pérennité de la qualification des matériels aux conditions accidentelles.

La démarche appliquée, pour un EIP donné ou une famille d'EIP donnée, est la suivante :

- **1^{er} cas** - L'EIP ou la famille d'EIP doit assurer ses fonctions dans des conditions (conditions d'ambiance et sollicitations) identiques aux conditions qu'il voit pendant le fonctionnement normal de la tranche :
 - Si l'EIP est actif, son aptitude à assurer ses fonctions est justifiée par les essais de démarrage et par le suivi en exploitation.
 - Si l'EIP est passif, son aptitude à assurer ses fonctions est justifiée par le dimensionnement réalisé à l'aide de codes, normes ou règles de l'art et par le suivi en exploitation.
- **2^{ème} cas** - L'EIP ou la famille d'EIP doit assurer ses fonctions dans des conditions différentes des conditions qu'il voit en fonctionnement normal.

La démarche à appliquer pour s'assurer de sa qualification est la suivante :

- déterminer les fonctions qui lui sont demandées dans les études d'accidents ou d'agressions,
- déterminer les conditions d'ambiance ou sollicitations correspondantes,
- prouver sa capacité à accomplir les fonctions qui lui sont demandées dans les conditions d'ambiance et sous les sollicitations correspondantes,
- prouver sa capacité à les accomplir de façon pérenne.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.0

PAGE 3/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Décret n°2007-534 modifié du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche)

3.7.1 QUALIFICATION DES EIPS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

3.7.1.1 QUALIFICATION DES EIPS ELECTRIQUES ET MECANQUES ACTIFS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

3.7.1.2 QUALIFICATION DES EIPS PASSIFS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

SOMMAIRE

.3.7.1.1 QUALIFICATION DES EIPS ELECTRIQUES ET MECANIQUES	
ACTIFS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES	4
0. EXIGENCES DE SURETE	4
0.1. OBJECTIFS DE LA QUALIFICATION AUX CONDITIONS	
ACCIDENTELLES	4
0.2. MATÉRIELS CONCERNÉS	4
0.3. SOLLICITATIONS À PRENDRE EN COMPTE	4
0.4. FONCTIONS À QUALIFIER ET EXIGENCES ASSOCIÉES	5
0.4.1. LISTE DES FONCTIONS À QUALIFIER	5
0.4.2. EXIGENCES ASSOCIÉES	6
1. BASES DE CONCEPTION	14
1.1. DONNÉES DU PROJET NÉCESSAIRES À LA QUALIFICATION	14
1.1.1. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION AUX CONDITIONS	
D'AMBIANCE (PRESSION, TEMPÉRATURE, IRRADIATION)	14
1.1.2. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION SISMIQUE	25
1.1.3. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION À LA RTHE	25
1.1.4. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION À L'EAU CHARGÉE	
ET ACTIVE	26
1.1.5. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION LIÉE À	
L'ÉTANCHÉITÉ	26
1.1.6. LISTE DES FONCTIONS ÉLÉMENTAIRES À QUALIFIER	26
1.2. VÉRIFICATION DU RESPECT DES EXIGENCES – PROGRAMMES	
DE QUALIFICATION	26
1.2.1. MÉTHODES DE QUALIFICATION	26
1.2.2. PROGRAMMES DE QUALIFICATION APPLICABLES	28
1.2.3. COMPLÉMENTS ÉVENTUELLEMENT NÉCESSAIRES AU COURS	
DE LA DURÉE DE VIE DES MATÉRIELS QUALIFIÉS	35
1.3. DISPOSITIONS PRISES POUR GARANTIR LA PÉRENNITÉ DE LA	
QUALIFICATION LORS DE LA FABRICATION ET DE	
L'EXPLOITATION	36
1.3.1. PÉRENNITÉ EN FABRICATION	36



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.1

PAGE 2/55

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

1.3.2. PÉRENNITÉ LORS DU MONTAGE ET DE L'EXPLOITATION . . .	37
1.4. DOCUMENTATION GARANTISSANT LE RESPECT DES EXIGENCES	37
2. MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS DE QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES – ANALYSE DE SURETE	38
2.1. EXIGENCES DE QUALIFICATION DES MATERIELS	38
2.1.1. CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT	38
2.1.2. EXIGENCES DE QUALIFICATION SISMIQUE	38
2.2. RESULTAT DU PROCESSUS DE QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES	38
LISTE DES RÉFÉRENCES.	39

TABLEAUX :

TAB-3.7.1.1.1 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LE BR.....	41
TAB-3.7.1.1.2 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LES BAS	43
TAB-3.7.1.1.3 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LE BK.....	45

FIGURES :

FIG-3.7.1.1.1 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR (HORS ACCIDENTS GRAVES)	47
FIG-3.7.1.1.2 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR EN SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES	48
FIG-3.7.1.1.3 CONDITIONS RETENUES POUR LA QUALIFICATION DES MATÉRIELS PARTICIPANT À L'ÉTANCHÉITÉ DU CONFINEMENT	49
FIG-3.7.1.1.4 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-CT.....	50
FIG-3.7.1.1.5 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-MT	51
FIG-3.7.1.1.6 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-LT	52
FIG-3.7.1.1.7 PROFIL DE TEMPÉRATURE ENVELOPPE DANS LES BAS	53
FIG-3.7.1.1.8 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BK-LT	54
FIG-3.7.1.1.9 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LES CASEMATES VVP.....	55

.3.7.1.1 QUALIFICATION DES EIPS ELECTRIQUES ET MECANQUES ACTIFS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

0. EXIGENCES DE SURETE

0.1. OBJECTIFS DE LA QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

L'objectif fondamental de sûreté est de limiter le dégagement éventuel de substances radioactives à des valeurs acceptables. Il est atteint par la mise en œuvre des dispositions techniques nécessaires pour satisfaire aux trois objectifs suivants :

- maintien de l'intégrité de l'enveloppe sous pression du circuit primaire principal,
- capacité d'arrêter le réacteur et de le maintenir en état d'arrêt sûr,
- capacité de prévenir les accidents ou d'en limiter les conséquences radiologiques.

La qualification a pour but de prouver que les matériels sont aptes à remplir leurs fonctions sous les sollicitations auxquelles ils sont supposés être soumis.

En pratique, la démonstration que cet objectif est atteint est réalisée en examinant les conséquences d'un nombre limité de conditions de fonctionnement accidentelles :

- les conditions de fonctionnement de référence : PCC 2 à 4 (voir sous-chapitre 15.0 du Rapport de Sûreté),
- les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples : RRC-A (voir section 19.1.0 du Rapport de Sûreté),
- les situations d'accidents graves (voir sous-chapitre 19.2 du Rapport de Sûreté).

Bien que les accidents correspondants soient exclus de la liste conventionnelle des accidents de référence, des brèches équivalentes à la rupture doublement débattue d'une tuyauterie primaire principale (2A-APRP) et à la rupture doublement débattue d'une tuyauterie vapeur dans l'enceinte (2A-RTV) sont retenues pour la qualification des équipements (voir sous-chapitre 19.3 du Rapport de Sûreté présentant les études spécifiques).

0.2. MATÉRIELS CONCERNÉS

Les équipements concernés par la qualification sont ceux qui sont nécessaires au fonctionnement des systèmes remplissant une fonction de sûreté, c'est-à-dire une des fonctions nécessaires pour atteindre l'objectif fondamental de sûreté énoncé au paragraphe précédent.

0.3. SOLLICITATIONS À PRENDRE EN COMPTE

Les sollicitations à prendre en compte sont celles qui découlent des conditions internes et d'environnement correspondant aux conditions de fonctionnement PCC ou RRC-A ou aux Accident Grave pour lesquelles les matériels sont requis. De fait, outre l'ambiance externe (pression, température, humidité, irradiation) susceptible d'être subie par les matériels ayant une exigence de qualification, les conditions internes (irradiation, transitoires thermiques,...) susceptibles d'être créées par le fluide véhiculé en situations accidentelles sont prises en compte.

Les sollicitations dues à l'APRP-2A (conformément aux Directives Techniques – voir section 1.7.0) et à la RTV-2A dans l'enceinte sont aussi considérées pour la qualification, malgré l'exclusion de rupture des tuyauteries concernées. Elles peuvent être évaluées avec des hypothèses réalistes.

En fonction de leur rôle pour la sûreté et des ambiances dans lesquelles ces matériels sont requis, des exigences de qualification sont établies puis prises en compte par des spécifications techniques lors de la conception des matériels.

En plus des conditions de fonctionnement citées, la procédure de qualification prend en compte :

- les effets du vieillissement, c'est-à-dire les effets dus aux conditions d'environnement correspondant aux conditions de fonctionnement normales avant l'occurrence des conditions de fonctionnement accidentelles considérées pour la qualification,
- les effets des sollicitations sismiques pour les matériels ayant une exigence de qualification en raison de leur utilisation dans les situations PCC. Ces effets sont pris en compte au cas par cas pour les matériels ayant une exigence de qualification en raison de leur utilisation dans les situations RRC-A ou Accident Grave (voir sous-chapitre 3.2).

0.4. FONCTIONS À QUALIFIER ET EXIGENCES ASSOCIÉES

0.4.1. LISTE DES FONCTIONS À QUALIFIER

La liste des fonctions à qualifier est établie en s'appuyant sur :

- 1) Les analyses d'exigences fonctionnelles menées sur la base des études d'accidents du Rapport de Sûreté (voir chapitre 15 et chapitre 19) : PCC-2 à 4, RRC-A, Accident Grave (AG).
L'analyse des exigences fonctionnelles permet de déterminer l'ensemble des fonctions de sûreté nécessaires pour gérer l'accident en identifiant la phase au cours de laquelle la fonction intervient :

- passage à l'état contrôlé des PCC,
- passage à l'état sûr des PCC,
- passage à l'état final des RRC-A,
- prévention des rejets importants en cas d'accident avec fusion du coeur.

La phase d'intervention de la fonction détermine son classement fonctionnel.

Dans un deuxième temps, les études d'analyses fonctionnelles transverses pour les systèmes supports (ventilation, sources froides, sources électriques, notamment) sont menées afin de déterminer les fonctions supports aux fonctions de sûreté. La réalisation de ces analyses nécessite d'avoir au préalable identifié les fonctions de sûreté principales.

La synthèse de ces analyses d'exigences fonctionnelles menées sur chaque transitoire permet d'établir la liste des fonctions classées de sûreté avec leur classement enveloppe, à partir de laquelle sont déterminées les fonctions à qualifier avec les exigences correspondantes.

- 2) L'analyse des besoins liés à la conduite post-accidentelle : mesures qui sont nécessaires pour le diagnostic de l'état de l'installation, l'orientation initiale, les réorientations entre stratégies de conduite.
En particulier, l'instrumentation requise pour déterminer les paramètres des fonctions d'état est soumise à des exigences de qualification à long terme.
- 3) Par ailleurs, l'instrumentation nécessaire pour initier des actions de protection des populations en situations d'accidents graves doit être qualifiée vis-à-vis de ces situations.

Chaque fonction de sûreté identifiée dans la note de synthèse des Analyses d'Exigences Fonctionnelles se décline en fonctions élémentaires pour les matériels sollicités situés dans les bâtiments affectés par l'ambiance accidentelle associée à la fonction de sûreté.

Les fonctions élémentaires sont la manœuvre ou le maintien en position d'un matériel. Typiquement, pour une vanne, les fonctions élémentaires sont l'ouverture, la fermeture, le réglage, le maintien ouvert, le maintien fermé et la signalisation et, pour un actionneur motorisé tel qu'une pompe ou un ventilateur, les fonctions élémentaires sont la mise en service, la mise hors service, le maintien en service, le maintien hors service et la signalisation.

Les matériels appartenant à la 3^{ème} barrière et à son extension font l'objet d'une exigence relative à leur étanchéité.

Les matériels ayant une exigence de qualification pour des conditions de fonctionnement particulières (Rupture de Tuyauterie Haute Energie, Eau Chargée et Active) sont également identifiés.

0.4.2. EXIGENCES ASSOCIÉES

0.4.2.1. EXIGENCE DE QUALIFICATION À L'AMBIANCE DÉGRADÉE

0.4.2.1.1. SITUATIONS À CONSIDÉRER POUR LA DÉTERMINATION DES CONDITIONS D'AMBIANCE

Pour chacun des transitoires du Rapport de Sûreté (chapitre 15 et chapitre 19), sont évaluées les conditions d'ambiance créées par le transitoire dans le Bâtiment Réacteur et/ou dans les autres bâtiments.

Connaissant l'ensemble des transitoires dans lesquels intervient chaque fonction de sûreté, on en déduit l'enveloppe des ambiances accidentelles pour cette fonction et les bâtiments affectés par ces ambiances.

L'instrumentation requise pour diagnostiquer les conditions de passage en accident grave est soumise à des exigences de qualification prenant en compte les ambiances qu'elle pourrait avoir subi avant d'atteindre ces conditions.

Pour chaque fonction élémentaire, les conditions d'ambiance enveloppes et le délai de sollicitation enveloppe sur l'ensemble des fonctions de sûreté auxquelles elle participe sont retenus. Ceci permet, en particulier, pour les matériels ayant une exigence de qualification hors AG, de déterminer la famille de conditions d'ambiance qui lui est associée.

0.4.2.1.2. EXIGENCE DE QUALIFICATION À L'AMBIANCE DÉGRADÉE, HORS ACCIDENTS GRAVES

Pour les fonctions à qualifier au titre de leur utilisation en situations accidentelles autres que les situations d'Accidents Graves, la définition et l'utilisation de familles de conditions d'ambiance accidentelle est privilégiée. Elles permettent de caractériser les exigences de qualification à l'ambiance accidentelle que doivent satisfaire les matériels, de manière générique. Le recours aux conditions d'ambiance non génériques est limité. Les conditions d'ambiance non génériques, caractérisées par la détermination d'une dose d'irradiation spécifique ou par une durée de mission adaptée, doivent rester enveloppes des conditions auxquelles le matériel est soumis.

0.4.2.1.2.1. ZONES CONSIDÉRÉES POUR LA DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE

Les zones à considérer sont celles :

- dans lesquelles les conditions d'ambiance sont susceptibles d'être dégradées en situation accidentelle,
- et où se trouvent des matériels à qualifier aux conditions accidentelles.

Ces zones sont :

- le bâtiment réacteur,
- les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde,
- le bâtiment combustible,
- les casemates VVP,
- les casemates ARE.

Aucune zone n'est créée pour le BAN, dont les conditions d'ambiance sont susceptibles d'être dégradées, mais qui n'abrite pas de matériels ayant une exigence de fonctionnement en situation accidentelle avec dégradation de l'ambiance.

Le bâtiment réacteur est subdivisé en deux sous-zones : la zone accessible en fonctionnement et la zone inaccessible en fonctionnement. Les débits de dose en fonctionnement normal y sont, en effet, nettement différents, ce qui permet de considérer des irradiations de vieillissement différentes.

0.4.2.1.2.2. FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)

0.4.2.1.2.2.1. SITUATIONS ACCIDENTELLES DANS LESQUELLES LES MATÉRIELS DOIVENT ASSURER LEUR FONCTION

Les situations dans lesquelles les matériels doivent assurer leur fonction peuvent être classées en trois catégories :

- situations accidentelles sans dégradation de l'ambiance :
Pour les matériels nécessaires dans ces situations, seule la qualification aux conditions normales d'ambiance est nécessaire.
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance dans l'enceinte en pression et température mais pas en irradiation : il s'agit de situations pour lesquelles du fluide s'échappe dans l'enceinte ; s'il s'agit de fluide primaire, il n'y a pas de rupture de gaines.
Pour ces situations sans rupture de gaines, il est considéré, de manière très conservatrice et à titre de découplage, une irradiation accidentelle correspondant à celle d'une irradiation significative réduite d'un facteur 10 (équivalent à 1% de ruptures de gaines).
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance dans l'enceinte et irradiation accidentelle significative (jusqu'à 10 % de ruptures de gaines).

Ces trois types de situations sont retenus :

- pour affecter les matériels situés à l'intérieur de l'enceinte à une famille de conditions d'ambiance,
- pour déterminer le profil de qualification (pression et température, irradiation) qu'ils doivent supporter.

Nota : Les matériels installés et requis dans le BR uniquement pendant la durée des opérations de manutention du combustible (ventilation, chaînes de mesure d'activité) sont affectés aux familles de conditions d'ambiance du BK (voir 1.1.0.4.2.1.2.4), celles-ci étant enveloppes des conditions d'ambiance susceptibles d'être générées par un accident de manutention de combustible dans le BR.

0.4.2.1.2.2.2. DURÉE PENDANT LAQUELLE LES MATÉRIELS DOIVENT ACCOMPLIR LEUR FONCTION EN SITUATION ACCIDENTELLE

Trois durées sont déterminées : court terme, moyen terme, long terme.

Limite moyen terme / long terme

La limite supérieure du moyen terme est déterminée comme une enveloppe de la durée d'atteinte de l'état sûr pour les PCC et de la durée d'atteinte de l'état final pour les RRC-A.

Situations accidentelles PCC :

L'état sûr, pour les différentes situations accidentelles PCC conduisant à une dégradation de l'ambiance dans l'enceinte, est atteint :

- soit par le RIS-BP en mode RA,
- soit par le RIS-BP en mode IS en branches chaudes.

Dans toutes les études d'accidents correspondantes (brèches primaires petite, intermédiaire ou grosse, rupture de tuyauterie vapeur ou eau), il est atteint bien avant 24 heures.

Situations d'APRP-2A et de RTV-2A :

Ces situations accidentelles évoluent plus rapidement que les situations de brèches plus petites ; l'état sûr est donc atteint plus rapidement.

Situations accidentelles RRC-A :

L'état final des situations accidentelles RRC-A conduisant à une dégradation de l'ambiance dans l'enceinte est atteint avant 24 heures.

La limite moyen terme / long terme est fixée à 24 heures.

Limite court terme / moyen terme

La limite court terme /moyen terme est déterminée comme une valeur majorante de l'instant où intervient l'isolement enceinte 2^{ème} phase. L'isolement enceinte 1^{ère} phase a normalement déjà été sollicité à ce moment-là, en même temps que l'IS. L'isolement enceinte 2^{ème} phase peut être sollicité :

- soit automatiquement, dès que la pression enceinte dépasse un certain seuil de pression,
- soit sur application des procédures de conduite ou sur demande de l'équipe de crise.

Les situations conduisant à l'isolement de l'enceinte sont de deux types :

- situations accidentelles conduisant à un relâchement rapide et important de fluide dans l'enceinte (APRP grosses brèches, APRP-2A, RTV-2A) : dans ces situations, la pression enceinte dépasse momentanément et significativement la pression de déclenchement du signal d'isolement enceinte ; l'isolement intervient rapidement, bien avant 1 heure après le début de l'accident,
- situations à cinétique de pressurisation plus lente : dans ces situations, l'isolement enceinte intervient dès l'atteinte de son seuil de mise en service automatique. Tant que celui-ci n'est pas sollicité, les conditions vues par les matériels sont bornées par cette valeur de pression et la température de rosée correspondante. La brèche primaire conduisant à ce type d'évolution de la pression, nécessairement de petite taille, n'est pas susceptible de donner lieu à des ruptures de gaines. L'activité du fluide primaire rejeté dans l'enceinte est donc égale à l'activité du fluide primaire en fonctionnement normal. Il n'y a donc pas lieu de considérer, pour les matériels, un supplément d'irradiation par rapport à l'irradiation de vieillissement.

Un profil de qualification en deux parties pourrait être défini pour couvrir ces deux types de situations.

Le profil enveloppe de pression et température peut être retenu pour couvrir les situations accidentelles du 1^{er} type.

Pour couvrir les situations accidentelles du 2^{ème} type, un profil à pression et température constantes pourrait être retenu : pression enceinte de sollicitation automatique de l'isolement enceinte 2^{ème} phase, température de rosée correspondante, pendant heures. En effet, au bout de heures, en cas de nécessité, isolé l'enceinte à la demande de l'équipe de crise.

Dans un souci de simplification et compte tenu du fait que les procédures de conduite ne sont pas définies au moment où les actions de qualification sont engagées :

- une durée enveloppe de l'instant de sollicitation de l'isolement enceinte 2^{ème} phase est retenue comme limite court terme / moyen terme. Cette limite est fixée à heures,
- un seul profil thermodynamique est associé à cette durée : le profil thermo-dynamique enveloppe.

La dose d'irradiation accidentelle associée à ce profil est limitée à h pour les matériels nécessaires à court terme à l'activation de l'isolement de l'enceinte (organes d'isolement de l'enceinte), dans la mesure où seules les situations du 1^{er} type conduisent à un surcroît d'irradiation.

0.4.2.1.2.2.3. DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BR

La définition des familles de conditions d'ambiance pour les matériels du Bâtiment Réacteur résulte des considérations exposées en § 0.4.2.1.2.2.1. sur les situations dans lesquelles les matériels ont à assurer leur fonction et § 0.4.2.1.2.2.2. sur les durées durant lesquelles ils doivent l'assurer.

Familles dans le BR		Usages	Court terme	Moyen terme	Long terme
Ambiance			□	□	
P, T	Irradiation				
Normales	Normale		1		
Anormales	Normale		2	3	4
Anormales	Anormale			5	6

0.4.2.1.2.3. FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE (BAS)

0.4.2.1.2.3.1. SITUATIONS ACCIDENTELLES DANS LESQUELLES LES MATÉRIELS DOIVENT ASSURER LEUR FONCTION

Les situations accidentelles dans lesquelles les matériels ont à fonctionner peuvent être classées en trois catégories :

- situations accidentelles sans dégradation de l'ambiance dans les BAS,
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance, sous l'aspect température, humidité, pour lesquelles l'irradiation accidentelle est comparable à l'irradiation de vieillissement, très faible ou nulle (cas des situations accidentelles de brèches sur le RIS en mode RRA),
- situations accidentelles pour lesquelles l'irradiation accidentelle est significative (cas de situations accidentelles avec ruptures de gaines, pour lesquelles de l'eau primaire active circule dans les BAS).

Les matériels remplissant certaines fonctions en situation accidentelle doivent être qualifiés vis-à-vis des deux types de sollicitations : température et humidité, d'une part, irradiation, d'autre part.

Cela concerne, en particulier, les matériels qui seraient nécessaires en cas de défaillance passive du RIS lors d'une situation accidentelle avec ruptures de gaines pour laquelle de l'eau primaire active circule dans les BAS.

0.4.2.1.2.3.2. DURÉE PENDANT LAQUELLE LES MATÉRIELS DOIVENT ACCOMPLIR LEUR FONCTION EN SITUATION ACCIDENTELLE

La limite moyen terme / long terme est fixée à □ heures, comme pour le Bâtiment Réacteur. Elle enveloppe la durée d'atteinte de l'état sûr pour les PCC et la durée d'atteinte de l'état final pour les RRC-A.

La limite court terme / moyen terme est fixée à :

- □ heure pour les situations accidentelles avec irradiation accidentelle dans le BAS (situations au cours desquelles du fluide primaire actif circule dans les tuyauteries RIS des BAS) :
Les matériels nécessaires à court terme dans ces situations sont les matériels à manœuvrer pour isoler l'enceinte (organes d'isolement extérieurs à l'enceinte). Ceux-ci sont actionnés en même temps que les organes d'isolement intérieurs à l'enceinte, c'est-à-dire avant □ heure en conditions enceinte très dégradées ou □ heures en conditions enceinte peu dégradées (§ 0.4.2.1.2.2.2.). La manœuvre de ces organes n'a lieu au-delà de □ heure que dans les situations où il n'y a pas de

ruptures de gaines et où l'activité dans l'enceinte est normale. Les vannes ne sont donc pas actionnées en ambiance dégradée.

- aucune limite court terme / moyen terme n'est retenue pour les situations accidentelles avec ambiance dégradée dans le BAS (situations de brèches sur le circuit RIS en mode RRA), les études d'accidents correspondantes, effectuées pour différentes tailles de brèches ne permettant pas de déterminer une durée enveloppe pour l'isolement des brèches (voir § 1.1.1.2.2.1.).

0.4.2.1.2.3.3. DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES BAS

La définition des familles de qualification EPR pour les matériels situés dans les BAS résulte des considérations exposées en § 0.4.2.1.2.3.1. sur les situations dans lesquelles les matériels ont à assurer leur fonction et § 0.4.2.1.2.3.2. sur les durées durant lesquelles ils doivent l'assurer

Familles dans les BAS		Usages		Court terme	Moyen terme	Long terme	Situations correspondantes
Ambiance					□		
T, H	Irradiation						
Normales	Normale	A _{BAS}					Sans dégradation ambiance
Anormales	Normale	B _{BAS}				C _{BAS}	Brèche RIS en mode RRA
Normales	Anormale	□			E _{BAS}	F _{BAS}	Circulation fluide primaire actif dans RIS
		D _{BAS}					

Nota : Certains matériels peuvent appartenir à la fois à une famille correspondant à une dégradation de l'ambiance en température (B_{BAS} ou C_{BAS}) et à une famille correspondant à une dégradation de l'ambiance en irradiation (D_{BAS}, E_{BAS} ou F_{BAS}).

0.4.2.1.2.4. FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)

0.4.2.1.2.4.1. SITUATIONS DANS LESQUELLES LES MATÉRIELS DOIVENT ASSURER LEUR FONCTION

Les situations accidentelles dans lesquelles les matériels ont à fonctionner peuvent être classées en trois catégories :

- situations accidentelles sans dégradation de l'ambiance dans le bâtiment combustible,
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance, sous l'aspect température et humidité (situations conduisant à une perte de refroidissement de la piscine BK),
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance, sous l'aspect irradiation (cas de l'accident de manutention du combustible).

0.4.2.1.2.4.2. Durée pendant laquelle les matériels doivent accomplir leur fonction en situation accidentelle

La limite moyen terme / long terme est fixée à □ heures, comme pour le Bâtiment Réacteur. Elle enveloppe la durée d'atteinte de l'état sûr pour les PCC et la durée d'atteinte de l'état final pour les RRC-A.

Pour les situations avec dégradation de l'ambiance du BK en température (cas des pertes de refroidissement) :

- la famille court terme est limitée aux \square heures de l'accident,
- les matériels nécessaires à moyen terme (jusqu'à \square heures) sont les mêmes que les matériels nécessaires à long terme, c'est-à-dire jusqu'à la récupération du refroidissement de la piscine BK. Une seule famille est donc créée pour le moyen et le long termes.

Pour les situations avec dégradation de l'ambiance BK en irradiation, on retient une limite court terme / moyen terme de \square heure.

Comme pour le BAS, cela permet également de couvrir la durée de fermeture des organes d'isolement extérieurs de l'enceinte, les situations où l'isolement de l'enceinte est sollicité à plus long terme s'accompagnant d'une ambiance normale en irradiation.

0.4.2.1.2.4.3. DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BK

La définition des familles de qualification EPR pour les matériels situés dans le BK résulte des considérations exposées en § 0.4.2.1.2.4.1. sur les situations dans lesquelles les matériels ont à assurer leur fonction et § 0.4.2.1.2.4.2. sur les durées durant lesquelles ils doivent l'assurer.

Familles dans les BK		Usages	Court terme	Moyen terme	Long terme	Situations correspondantes
Ambiance				\square		
T, H		Irradiation				
Normales		Normale	A_{BK}			Sans dégradation ambiance
Anormales		Normale	\square	C_{BK}		Perte refroidissement piscine
			B_{BK}			
Normales		Anormale	\square	E_{BK}	F_{BK}	Accident de manutention combustible
			D_{BK}			

0.4.2.1.2.5. FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES VVP

0.4.2.1.2.5.1. SITUATIONS ACCIDENTELLES DANS LESQUELLES LES MATÉRIELS DOIVENT ASSURER LEUR FONCTION

Les situations accidentelles dans lesquelles les matériels ont à fonctionner peuvent être classées en deux catégories :

- situations accidentelles sans dégradation de l'ambiance dans les casemates VVP,
- situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance, sous l'aspect pression, température (situations de brèches sur le circuit VVP). Ces situations sont divisées selon deux cas (isolement vapeur long ou rapide, voir Réf [27]).

Aucune situation accidentelle PCC ou RRC-A ne conduit à une irradiation accidentelle dans les casemates VVP.

0.4.2.1.2.5.2. DURÉE PENDANT LAQUELLE LES MATÉRIELS DOIVENT ACCOMPLIR LEUR FONCTION EN SITUATION ACCIDENTELLE

Deux durées sont déterminées : court terme, moyen terme.

La limite court terme / moyen terme est déterminée comme une valeur majorante de l'instant d'isolement vapeur du GV pour les brèches susceptibles de se produire sur la ligne vapeur de ce GV.

Les délais court terme sont fixés respectivement à \square et \square minutes selon les deux cas définis (§ [1.1.1.4.2.1.](#)).

La limite supérieure du moyen terme est déterminée comme une valeur majorante de l'instant de connexion du RIS en mode RA pour les brèches sur le circuit VVP susceptibles de se produire dans ces locaux. Ces limites sont fixées respectivement à \square heures \square minutes et \square heures \square minutes (§ [1.1.1.4.2.1.](#)).

Aucun matériel situé dans les casemates VVP n'a d'exigence de qualification au-delà de la connexion du RIS en mode RA. La définition d'une famille long terme n'est donc pas nécessaire.

0.4.2.1.2.5.3. DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES VVP

La définition des familles de qualification EPR pour les matériels situés dans les casemates VVP résulte des considérations exposées en § [0.4.2.1.2.5.1.](#) sur les situations dans lesquelles les matériels ont à assurer leur fonction et § [0.4.2.1.2.5.2.](#) sur les durées durant lesquelles ils doivent l'assurer.

Pour le cas des familles de conditions d'ambiance dans les casemates VVP, deux familles sont créés pour les conditions anormales en fonction de l'instant de l'isolement des VIV.

Familles dans les casemates VVP		Usages	Court terme	Moyen terme	Situations correspondantes
Ambiance					
P,T	Irradiation				
Normales	Normale		A_{vapeur}		Sans dégradation ambiance
Anormales	Normale		$B_{\text{vapeur}} \square$	$C_{\text{vapeur}} \square$	Brèche sur le circuit VVP
Anormales	Normale		$B_{\text{vapeur}2} \square$	$C_{\text{vapeur}2} \square$	Brèche sur le circuit VVP

0.4.2.1.2.6. FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES ARE

0.4.2.1.2.6.1. SITUATIONS ACCIDENTELLES DANS LESQUELLES LES MATÉRIELS DOIVENT ASSURER LEUR FONCTION

Les situations accidentelles dans lesquelles les matériels ont à fonctionner peuvent être classées en deux catégories :

- Situations accidentelles sans dégradation de l'ambiance dans les casemates ARE,
- Situations accidentelles avec dégradation de l'ambiance, sous l'aspect pression, température (situations de brèches sur le circuit ARE).

Aucune situation accidentelle PCC ou RRC-A ne conduit à une irradiation accidentelle dans les casemates ARE.

0.4.2.1.2.6.2. DURÉE PENDANT LAQUELLE LES MATÉRIELS DOIVENT ACCOMPLIR LEUR FONCTION EN SITUATION ACCIDENTELLE

Aucune distinction n'est faite concernant la durée de mission des matériels à qualifier situés dans les casemates ARE.

0.4.2.1.2.6.3. DÉFINITION DES FAMILLES DE CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES VVP

La définition des familles de qualification EPR pour les matériels situés dans les casemates ARE résulte des considérations exposées en § 0.4.2.1.2.6.1. sur les situations dans lesquelles les matériels ont à assurer leur fonction et § 0.4.2.1.2.6.2. sur les durées durant lesquelles ils doivent l'assurer.

Familles dans les casemates ARE		Usages	Long terme	Situations correspondantes
Ambiance				
P,T	Irradiation			
Normales	Normale		A _{eau}	Sans dégradation ambiance
Anormales	Normale		B _{eau}	Brèche sur le circuit ARE

0.4.2.1.3. EXIGENCE DE QUALIFICATION À L'AMBIANCE DÉGRADÉE AU TITRE DE L'UTILISATION EN SITUATION D'ACCIDENT GRAVE

Pour les fonctions ayant une exigence de qualification au titre de leur utilisation en situation d'accident grave, aucun regroupement en familles de conditions d'ambiance n'est retenu. Les missions que chaque matériel doit remplir sont retenues comme base des paramètres de qualification de celui-ci.

0.4.2.2. EXIGENCE DE QUALIFICATION SISMIQUE

Les fonctions pour lesquelles les effets des sollicitations sismiques sont à prendre en compte sont indiquées au § 0.3. ci-dessus.

Pour les fonctions concernées, l'exigence est la tenue aux mouvements définis dans la RFS 2001-01 comme devant être pris en compte pour la conception avec des marges suffisantes pour satisfaire l'objectif général défini dans les Directives Techniques (§ A2.5) : « Les agressions externes ne doivent pas constituer une part importante du risque associé aux tranches nucléaires de la prochaine génération ».

0.4.2.3. EXIGENCE DE QUALIFICATION À LA RUPTURE DE TUYAUTERIE HAUTE ENERGIE (RTHE)

La rupture de tuyauterie haute énergie (RTHE) est une agression prise en compte dans la conception des tranches. En considérant cet événement initiateur, des règles d'installation sont définies (voir sous-chapitre 3.4 du Rapport de Sûreté) :

- pour protéger les équipements ou systèmes nécessaires à assurer les fonctions de sûreté,
- pour ne pas provoquer une aggravation de l'accident initial.

Dans le cadre de l'application de ces règles, les conséquences de la rupture sur les matériels équipant la tuyauterie sur laquelle celle-ci s'est produite doivent être prises en compte.

Les matériels concernés par la RTHE sont les organes d'isolement qui voient leur débit augmenter et qui subissent des contraintes importantes. Si les études de sûreté montrent qu'ils doivent se fermer dans la séquence accidentelle considérée, leur qualification vis-à-vis de la RTHE est requise. Dans les

autres cas, ils n'ont pas à être qualifiés à cette mission, les systèmes élémentaires prévus à cet effet (en particulier, les systèmes de sauvegarde) permettant de ramener la tranche à l'état d'arrêt sûr et de l'y maintenir.

0.4.2.4. EXIGENCE DE QUALIFICATION À L'EAU CHARGÉE ET ACTIVE

Les matériels ayant à fonctionner en situation accidentelle avec de l'eau chargée et active doivent être qualifiés pour les conditions de fonctionnement correspondantes.

0.4.2.5. EXIGENCE DE QUALIFICATION RELATIVE À L'ÉTANCHÉITÉ

L'exigence relative à l'étanchéité concerne les matériels appartenant à la 3^{ème} barrière et à son extension.

Pour les matériels de la 3^{ème} barrière, l'exigence est liée à l'étanchéité interne et externe. Elle est vérifiée en exploitation au travers des essais périodiques. De plus, les matériels actifs font l'objet d'une vérification d'étanchéité en air dans le cadre des essais de qualification.

Pour l'ensemble des matériels de l'extension de la 3^{ème} barrière, l'exigence est liée à l'étanchéité externe. Les matériels situés en limite de l'extension de la 3^{ème} barrière font également l'objet d'une exigence liée à l'étanchéité interne.

La vérification de l'exigence concernant les matériels de l'extension de la 3^{ème} barrière est satisfaite par l'utilisation de matériaux dont le comportement en terme d'étanchéité est compatible avec les niveaux de pression, de température et d'irradiation en conditions accidentelles.

1. BASES DE CONCEPTION

1.1. DONNÉES DU PROJET NÉCESSAIRES À LA QUALIFICATION

1.1.1. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION AUX CONDITIONS D'AMBIANCE (PRESSION, TEMPÉRATURE, IRRADIATION)

1.1.1.1. CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BÂTIMENT RÉACTEUR (BR)

1.1.1.1.1. FONCTIONNEMENT NORMAL

Les conditions de température dans le BR en fonctionnement normal figurent dans la section 9.4.5 du Rapport de Sûreté.

La dose d'irradiation en fonctionnement normal diffère entre la zone accessible et la zone non accessible du BR.

- Zone accessible en fonctionnement normal

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

La zone accessible en fonctionnement normal correspond à une zone radiologique verte. De manière conservatrice, on retient, pour les matériels qui s'y trouvent, la valeur limite supérieure correspondant à la zone radiologique jaune, soit un débit de dose de 2 mSv/h.

La dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de 0,18 kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone accessible du bâtiment réacteur est de 0,7 kGy par tranche de 10 ans.

- Zone inaccessible en fonctionnement normal

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

La plus grande partie de la zone inaccessible en fonctionnement correspond à une zone radiologique orange. On retient, pour les matériels qui s'y trouvent, la limite supérieure correspondant à la zone radiologique orange, soit un débit de dose de 100 mSv/h.

A l'exception des quelques matériels qui seraient situés en zone rouge, la dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de 8,8 kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone inaccessible du bâtiment réacteur est de 35 kGy par tranche de 10 ans.

Pour les quelques matériels à qualifier qui se situeraient en zone rouge, une dose d'irradiation de vieillissement majorante est retenue conventionnellement : 250 kGy (valeur de la norme [Réf \[1\]](#)).

En résumé, le tableau suivant donne des valeurs majorantes de la dose d'irradiation de vieillissement à prendre en compte pour la qualification des matériels, suivant leur zone d'installation dans le Bâtiment Réacteur.

IRRADIATION DE VIEILLISSEMENT À RETENIR POUR LA QUALIFICATION (BR)		
(pour matériels sensibles au vieillissement si matériel non sensible, irradiation vieillissement non prise en compte pour la qualification)		
Famille du matériel	Localisation du matériel	Irradiation de vieillissement fonction de la périodicité de remplacement des composants sensibles
1 à 6	Zone accessible	0,7 kGy par tranche de 10 ans
	Zone inaccessible	35 kGy par tranche de 10 ans
	Zone « rouge »	250 kGy

1.1.1.1.2. SITUATIONS ACCIDENTELLES PCC, RRC-A, APRP-2A ET RTV-2A

En situation accidentelle, une seule zone est considérée dans le BR pour déterminer les valeurs de pression, de température et d'irradiation à retenir (pas de distinction entre zones accessible et non accessible en fonctionnement normal).

1.1.1.1.2.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

Le profil de pression et température enveloppe pour les situations à prendre en compte pour la qualification des matériels aux conditions accidentelles, hors Accidents Graves, prend en compte des conditions de saturation dans l'enceinte. Il est représenté sur la figure [FIG-3.7.1.1.1](#) et correspond aux valeurs suivantes [Réf \[2\]](#) :

□

La température de surface des matériels reste inférieure au profil de température ci-dessus pour les matériels modélisables par une tôle d'acier d'épaisseur suffisante [Réf \[2\]](#) .

Nota : Pour la qualification des matériels véhiculant l'air de l'espace entre enceintes, les conditions d'ambiance en situation accidentelle PCC/RRC-A se rapportent – par découplage – aux conditions d'ambiance subies en situation d'Accident Grave (voir [§ 1.1.1.1.3.1.](#))

1.1.1.1.2.2. IRRADIATIONS ACCIDENTELLES ENVELOPPES

Les tableaux suivants donnent des valeurs majorantes de la dose d'irradiation accidentelle γ et de la dose d'irradiation accidentelle β (dose β à considérer si le matériel à qualifier y est sensible et calculée derrière une protection de 1 mm et de densité 1) à prendre en compte pour la qualification des matériels du BR, pour chaque famille de conditions d'ambiance. Ces valeurs sont issues de la note précitée.

Elles sont issues du document [Réf \[3\]](#) et calculées suivant la méthode décrite dans [Réf \[4\]](#), en utilisant les hypothèses de la note [Réf \[5\]](#). Elles sont calculées pour les situations PCC et sont à considérer également pour les situations RRC-A dans la mesure où le taux de ruptures de gaines ne dépasse pas 10%.

IRRADIATION ACCIDENTELLE γ (BR)		
(pour matériels sensibles à l'irradiation si matériel non sensible, irradiation accidentelle γ non prise en compte pour la qualification)		
Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle γ</u> (kGy)
1	Toutes zones	0
Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle γ</u> (kGy)
2	Toutes zones	0,35 *
3	Toutes zones	0,24
4	Toutes zones	8,3
5	Toutes zones	2,4
6	Toutes zones	83

IRRADIATION ACCIDENTELLE β (BR)		
(pour matériels sensibles à l'irradiation β si matériel non sensible, irradiation accidentelle β non prise en compte pour la qualification)		
Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle β</u> (kGy)
1	Toutes zones	0
2	Toutes zones	0,9 *
3	Toutes zones	0,66

4	Toutes zones	7,9
5	Toutes zones	6,6
6	Toutes zones	79

* Comme indiqué au [§ 0.4.2.1.2.2.2.](#), la dose d'irradiation retenue pour la famille 2 est celle qui correspond à une durée de \square heure.

Nota : Pour la qualification des matériels véhiculant l'air de l'espace entre enceintes, la dose d'irradiation en situation accidentelle PCC/RRC-A se rapporte – par découplage – à la dose d'irradiation reçue en situation d'Accident Grave (voir [§ 1.1.1.1.3.4.](#))

1.1.1.1.3. SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

1.1.1.1.3.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

Les profils de pression et température enveloppes dans l'enceinte suivants sont retenus ([FIG-3.7.1.1.2](#)) :

Pression :

\square

Température :

- palier à \square ,
- palier à \square
Les différentes zones de l'enceinte sont définies dans les tableaux 19.2.2.5 TAB 1 et 19.2.2.5 TAB 2. Les températures T_{zone} correspondant à ces zones sont les suivantes :
 - Eq3, Eq4, Eq5, Eq6 (compartiments matériel inférieurs et médians boucles 1 et 2) : $\square^{\circ}\text{C}$
 - Ac5, Ac6 (compartiments annulaires supérieurs), Eq7 (compartiments matériel supérieurs boucles 1 et 2), Eq16 (pressuriseur) : $\square^{\circ}\text{C}$
 - Ac7 (dôme) : $\square^{\circ}\text{C}$
 - Eq10, Eq11, Eq12, Eq13, Eq14 (compartiments matériel inférieurs, médians et supérieurs boucles 3 et 4) : $\square^{\circ}\text{C}$
 - Eq1 (chambre d'étalement), Eq8 (puits de cuve) : $\square^{\circ}\text{C}$
 - autres zones de l'enceinte : $\square^{\circ}\text{C}$

Les zones Eq1 (chambre d'étalement) et Eq8 (puits de cuve) ne contiennent aucun matériel à qualifier en AG au-delà de la trempe du corium.

- décroissance linéaire de \square
- palier à \square .

Les profils de pression et température à retenir pour la qualification d'un matériel donné sont les profils de pression et température enveloppes ci-dessus, correspondant à la zone où le matériel et ses systèmes supports sont installés et limités à la durée de mission de ce matériel. La présence de vapeur d'eau en très forte proportion doit être considérée dans le profil de pression totale de l'enceinte.

Le caractère enveloppe de ces profils résulte du fait que [Réf \[16\]](#) :

- En situation d'accident grave, la pression dans l'enceinte ne dépasse pas \square bars.
- La mise en service de l'EVU au bout de \square heures conduit la pression à décroître jusqu'à \square bars absolus.
- Dans certaines zones de l'enceinte, les conditions peuvent être surchauffées pendant la trempe du corium dans la chambre d'étalement, qui intervient au plus tôt \square heures après l'entrée en accident grave. La surchauffe correspondante dure au maximum \square minutes, sauf dans les zones des équipements de la boucle affectée par la brèche ou dans les zones par lesquelles transitent les gaz chauds produits par l'interaction corium béton dans le puits de cuve, où elle peut durer \square heures, tout en étant d'une intensité moindre que pendant la trempe du corium. La surchauffe concerne l'atmosphère de l'enceinte et ne concerne ni les matériels situés au contact des parois de l'enceinte (liner, sas matériel), ni les thermocouples situés dans les parois de la chambre d'étalement,
- La température dans l'enceinte décroît rapidement après un accident grave. Le palier de \square permet de s'assurer de la qualification des matériels pour une durée de mission long terme.

Cas des matériels participant à l'étanchéité du confinement

Conformément à la [Réf \[6\]](#), la qualification des matériels situés dans l'enceinte et participant à l'étanchéité du confinement est réalisée à la pression de vérification de l'étanchéité de l'enceinte, c'est-à-dire \square bars, associée à une température de $\square^{\circ}\text{C}$.

Les profils de pression et température retenus pour la qualification des matériels participant à l'étanchéité du confinement sont donc les suivants ([FIG-3.7.1.1.3](#)) :

Pression :

\square

Température :

\square

La présence de vapeur d'eau en très forte proportion doit être considérée dans le profil de pression totale de l'enceinte.

Nota : Pour la qualification des matériels véhiculant l'air de l'espace entre enceintes, un profil thermodynamique de $\square^{\circ}\text{C}$ et $\square\%$ d'humidité relative est pris en compte [Réf \[26\]](#).

1.1.1.1.3.2. PROFIL DE PRESSION ET TEMPÉRATURE SPÉCIFIQUE POUR LES VANNES DE DEPRESSURISATION DU CIRCUIT PRIMAIRE EN ACCIDENT GRAVE

Pour la qualification des vannes de décharge en AG situées dans la casemate du pressuriseur, les scénarios dimensionnant sont les scénarios de petite brèche sur les lignes connectées au pressuriseur (brèche pénalisante retenue de 2,6 pouces, correspondant à la rupture d'un événement en haut du pressuriseur) sans isolement des accumulateurs RIS [Réf \[18\]](#).

L'ouverture des vannes de décharge AG est une action immédiate demandée dans l'OSSA. Afin de couvrir des situations d'ouverture retardée des vannes AG, une durée de mission d'une heure est retenue. Cette valeur correspond également à celle prise dans les études d'impact des scénarios extrêmes de fusion du cœur (voir chapitre 19.2.2 du RDS).

\square

\square

La pression totale de 3 bars absolus est essentiellement due à de la vapeur d'eau ([Réf \[18\]](#)).

Ce profil spécifique est à appliquer suite au profil pré-AG défini (profil accidentel enveloppe pour les PCC et RRC-A, tel que défini au paragraphe 1.1.1.1.2.17).

1.1.1.1.3.3. CONDITIONS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE AVANT L'ENTRÉE EN ACCIDENT GRAVE

Les conditions de pression et température dans l'enceinte sont susceptibles d'être dégradées avant l'entrée en accident grave.

Pour en tenir compte, lors de la qualification des matériels vis-à-vis des accidents graves, le profil de pression et température en accident grave défini au [§ 1.1.1.3.1](#), est précédé d'un profil « pré-AG ».

Sauf analyse spécifique à un matériel donné, le profil « pré-AG » est le profil accidentel enveloppe pour les PCC et RRC-A défini au [§ 1.1.1.1.2.1](#).

1.1.1.1.3.4. IRRADIATIONS

La [Réf \[19\]](#) détermine l'évolution, en fonction du temps, de la dose maximale susceptible d'être intégrée par les matériels du bâtiment réacteur en situation d'accident grave. \square heures après l'entrée en accident grave, la dose γ subie par les matériels ne peut pas dépasser 270 kGy et la dose β sur 2π str est inférieure à 10 kGy.

Dans la plupart des cas, les irradiations auxquelles les matériels sont susceptibles d'être soumis sont déterminées pour chaque matériel concerné, en tenant compte de sa mission, de sa localisation et de sa géométrie (protection des parties sensibles à l'irradiation).

Les doses d'irradiation sont calculées suivant la méthode [Réf \[4\]](#), en utilisant les hypothèses de la [Réf \[5\]](#).

Des dispositions de conception sont prises afin de réduire la sensibilité au rayonnement β des matériels ayant une exigence de qualification pour les situations d'accidents graves. Ces dispositions peuvent consister à :

- éviter autant que faire se peut les matériaux sensibles à l'irradiation,
- protéger efficacement du rayonnement β les parties des matériels les plus sensibles à l'irradiation,
- éloigner les parties des matériels les plus sensibles à l'irradiation des surfaces où se formeraient les dépôts d'isotopes radioactifs en accident grave.

Nota : Pour la qualification des matériels véhiculant l'air de l'espace entre enceintes, une dose de découplage de 100 kGy est prise en compte.

1.1.1.2. CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES BÂTIMENTS DES AUXILIAIRES DE SAUVEGARDE (BAS)

1.1.1.2.1. FONCTIONNEMENT NORMAL

Les conditions de température dans les BAS en fonctionnement normal figurent dans la section 9.4.6 du Rapport de Sûreté.

Les BAS correspondent en partie à des zones radiologiques vertes, en partie à des zones jaunes en fonctionnement normal, pour lesquelles la dose d'irradiation maximale en fonctionnement est différente.

- Zone verte du BAS

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

Le débit de dose maximal en zone verte en fonctionnement normal est de 0,025 mSv/h. La dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de $2,2 \cdot 10^{-3}$ kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone verte des BAS est de $8,8 \cdot 10^{-3}$ kGy par tranche de 10 ans.

- Zone jaune du BAS

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

Le débit de dose maximal en zone jaune en fonctionnement normal est de 2 mSv/h. La dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de 0,18 kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone jaune des BAS est de 0,7 kGy par tranche de 10 ans.

En résumé, le tableau suivant donne des valeurs majorantes de la dose d'irradiation de vieillissement à prendre en compte pour la qualification des matériels, suivant leur zone d'installation dans les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde.

IRRADIATION DE VIEILLISSEMENT À RETENIR POUR LA QUALIFICATION (BAS)		
(pour matériels sensibles au vieillissement si matériel non sensible, irradiation vieillissement non prise en compte pour la qualification)		
Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation de vieillissement</u> fonction de la périodicité de remplacement des composants sensibles
A à F	BAS – zone verte ($< 0,025$ mSv/h)	$8,8 \cdot 10^{-3}$ kGy par tranche de 10 ans
	BAS zone jaune (< 2 mSv/h)	0,7 kGy par tranche de 10 ans

1.1.1.2.2. SITUATIONS ACCIDENTELLES PCC ET RRC-A

1.1.1.2.2.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

Le profil de température enveloppe dans les BAS pour l'ensemble des tailles de brèches susceptibles de se produire sur le RIS, représenté sur la figure [FIG-3.7.1.1.7](#) est le suivant [Réf \[11\]](#).

□

Lorsque la température est supérieure à □°C, la pression calculée dans les BAS est toujours inférieure à la pression de saturation correspondant à ce profil de température enveloppe : □.

Ces conditions sont retenues comme conditions d'ambiance interne pour la qualification des matériels véhiculant l'air des BAS.

1.1.1.2.2.2. IRRADIATIONS ENVELOPPES

Deux phénomènes sont susceptibles de créer une dose d'irradiation dans les BAS :

- l'activité de l'eau rejetée en cas de brèche sur le RIS en mode RRA : l'activité de l'eau rejetée est l'activité normale de l'eau primaire,
- l'activité due à la circulation d'eau primaire en cas d'APRP.

L'irradiation maximale due à l'eau provenant du fond de l'enceinte et circulant dans les tuyauteries RIS, à laquelle un matériel est susceptible d'être soumis est déterminée à partir de la [Réf \[3\]](#) en prenant en compte un taux de ruptures de gaines de 10%.

Ces valeurs d'irradiation couvrent le cas de la fuite du RIS en mode RRA pour laquelle il n'y a pas de rupture de gaines.

Elles couvrent également le cas de la défaillance passive du RIS en situation de perte de réfrigérant primaire avec ruptures de gaines.

Les tableaux suivants donnent des valeurs majorantes, calculées dans l'eau des puisards de l'enceinte supposée circuler dans les BAS, de la dose d'irradiation accidentelle γ et de la dose d'irradiation accidentelle β (à considérer si le matériel à qualifier γ est sensible) à prendre en compte pour la qualification des matériels.

En fonction de la localisation des matériels par rapport aux tuyauteries dans lesquelles circule le fluide actif, des doses moins enveloppes peuvent être déterminées pour les matériels.

Nota : Les doses indiquées ne s'appliquent pas aux robinets extérieurs d'isolement enceinte, susceptibles de subir l'ambiance du BR (voir paragraphe 1.2.2.2.2.2).

Elles s'appliquent, par contre, à leurs commandes.

IRRADIATION ACCIDENTELLE γ (BAS)

(pour matériels sensibles à l'irradiation

si matériel non sensible, irradiation accidentelle γ non prise en compte pour la qualification)

Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle γ</u> (kGy)
D	BAS	0,13
E	BAS	0,88
F	BAS	39

IRRADIATION ACCIDENTELLE β (BAS)

(pour matériels sensibles, et soumis, à l'irradiation β
si matériel non sensible, irradiation accidentelle β non prise en compte pour la qualification)

Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle β</u> (kGy)
D	BAS	0,04
E	BAS	0,28
F	BAS	6,3

Ces conditions sont retenues comme conditions d'ambiance interne pour la qualification des matériels véhiculant l'air des BAS.

1.1.1.2.3. SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES**1.1.1.2.3.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES**

Un accident grave dans le Bâtiment Réacteur n'est pas cumulé avec un accident dans les BAS. La situation d'accident grave correspond à une circulation d'eau active dans les BAS, ce qui n'a pas pour effet d'y augmenter la température ambiante de façon sensible.

La pression et la température dans les BAS restent normales en accident grave.

1.1.1.2.3.2. IRRADIATION

L'irradiation est due à la circulation d'eau active provenant de l'enclainte.

Les doses d'irradiation dans les BAS en AG sont calculées en appliquant la méthode [Réf \[4\]](#) et en retenant les hypothèses du recueil [Réf \[5\]](#).

1.1.1.3. CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LE BÂTIMENT COMBUSTIBLE (BK)**1.1.1.3.1. FONCTIONNEMENT NORMAL**

Les conditions de température dans le BK en fonctionnement normal figurent dans la section 9.4.2 du Rapport de Sûreté.

Le BK correspond en partie à une zone radiologique verte, en partie à une zone jaune en fonctionnement normal, pour lesquelles la dose d'irradiation maximale en fonctionnement est différente.

- Zone verte du BK

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

Le débit de dose maximal en zone verte en fonctionnement normal est de 0,025 mSv/h. La dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de $2,2 \cdot 10^{-3}$ kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone verte du BK est de $8,8 \cdot 10^{-3}$ kGy par tranche de 10 ans.

- Zone jaune du BK

Dose d'irradiation maximale à laquelle les matériels sont susceptibles d'être soumis

Le débit de dose maximal en zone jaune en fonctionnement normal est de 2 mSv/h. La dose d'irradiation maximale susceptible d'être subie par les matériels en fonctionnement normal est de 0,18 kGy par tranche de 10 ans.

Dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification

Les débits de dose appliqués lors des essais de qualification sont beaucoup plus élevés et appliqués sur un temps plus court que les débits de dose subis lors du fonctionnement de la tranche. Pour tenir compte de cette différence, un facteur 4 entre la dose susceptible d'être subie et la dose prise en compte en qualification, est retenu, sauf exception justifiée.

La dose d'irradiation de vieillissement à retenir pour la qualification des matériels situés en zone jaune des BK est de 0,7 kGy par tranche de 10 ans.

En résumé, le tableau suivant donne des valeurs majorantes de la dose d'irradiation de vieillissement à prendre en compte pour la qualification des matériels, suivant leur zone d'installation dans le Bâtiment Combustible.

IRRADIATION DE VIEILLISSEMENT À RETENIR POUR LA QUALIFICATION (BK) (pour matériels sensibles au vieillissement si matériel non sensible, irradiation vieillissement non prise en compte pour la qualification)		
Famille du matériel	Localisation du matériel	Irradiation de vieillissement fonction de la périodicité de remplacement des composants sensibles
A à F	BK – zone verte (< 0,025 mSv/h)	8,8.10 ⁻³ kGy par tranche de 10 ans
	BK – zone jaune (< 2 mSv/h)	0,7 kGy par tranche de 10 ans

1.1.1.3.2. SITUATIONS ACCIDENTELLES PCC ET RRC-A

1.1.1.3.2.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

Les situations accidentelles conduisant à une dégradation de l'ambiance dans le BK sous l'aspect pression, température et humidité sont les pertes de refroidissement de la piscine. Dans ces situations, la température croît lentement et atteint un palier n'excédant pas 100° C, jusqu'à la récupération du refroidissement de la piscine et une légère surpression du BK de 60 mbar se crée, compte-tenu de la perte de charge générée par l'exutoire [Réf \[24\]](#).

Ces conditions sont retenues comme conditions d'ambiance interne pour la qualification des matériels véhiculant l'air du BK.

1.1.1.3.2.2. IRRADIATION

Les situations accidentelles susceptibles de conduire à une dégradation de l'ambiance du BK sous l'aspect irradiation sont les accidents de manutention du combustible.

Les tableaux suivants donnent des valeurs majorantes de la dose d'irradiation accidentelle γ et de la dose d'irradiation accidentelle β (à considérer si le matériel à qualifier y est sensible) à prendre en compte pour la qualification des matériels [Réf \[17\]](#).

Ces valeurs sont également enveloppes de la dose induite par le rayonnement des pièges à iode et filtres THE en situation accidentelle PCC ou RRC-A et sont prises en compte pour la qualification des matériels impactés par le rayonnement des pièges à iode et des filtres THE des différents systèmes de ventilation.

Nota : Les doses indiquées ne s'appliquent pas aux robinets extérieurs d'isolement enceinte, susceptibles de subir l'ambiance du BR (voir paragraphe 1.2.2.2.2.2). Elles s'appliquent, par contre, à leurs commandes.

IRRADIATION ACCIDENTELLE γ (BK)

(pour matériels sensibles à l'irradiation
si matériel non sensible, irradiation accidentelle γ non prise en compte pour la qualification)

Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle γ</u> (kGy)
D	BK	4.10^{-3}
E	BK	4.10^{-2}
F	BK	5

IRRADIATION ACCIDENTELLE β (BK)

due au fluide véhiculé (pour matériels sensibles, et soumis, à l'irradiation β
si matériel non sensible, irradiation accidentelle β non prise en compte pour la qualification)

Famille du matériel	Localisation du matériel	<u>Irradiation accidentelle β</u> (kGy)
D	BK	$3,5.10^{-2}$
E	BK	9.10^{-2}
F	BK	0,5

Ces conditions sont retenues comme conditions d'ambiance interne pour la qualification des matériels véhiculant l'air des BK.

Ces conditions sont également retenues comme conditions d'ambiance interne pour la qualification des matériels véhiculant l'air du BR en cas d'accident de manutention de combustible dans le BR (voir paragraphe 1.1.0.4.2.1.2.2.1).

1.1.1.3.3. SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

Les situations de fusion de combustible dans la piscine de désactivation du combustible étant pratiquement éliminées (section 19.2.4), aucune situation d'accident grave n'est considérée dans le BK.

1.1.1.4. CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES VVP**1.1.1.4.1. FONCTIONNEMENT NORMAL**

Les conditions de température dans les compartiments des casemates VVP en fonctionnement normal figurent dans la section 9.4.14 du Rapport de Sûreté.

Il n'y a pas d'irradiation en fonctionnement normal.

1.1.1.4.2. SITUATIONS ACCIDENTELLES PCC ET RRC-A

1.1.1.4.2.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

Les profils de pression et température dans les casemates VVP, représentés sur la figure [FIG-3.7.1.1.9](#), sont les suivant.

□

1.1.1.4.2.2. IRRADIATION

Les situations accidentelles considérées dans les casemates VVP ne créent pas d'irradiation.

1.1.1.4.3. SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

Aucune situation d'accident grave n'est considérée dans les casemates VVP. Aucun matériel de ces locaux n'est à qualifier à des conditions spécifiques à l'accident grave.

1.1.1.5. CONDITIONS D'AMBIANCE DANS LES CASEMATES ARE

1.1.1.5.1. FONCTIONNEMENT NORMAL

Les conditions de température dans les compartiments des casemates ARE en fonctionnement normal figurent dans la section 9.4.14 du Rapport de Sûreté.

Il n'y a pas d'irradiation en fonctionnement normal.

1.1.1.5.2. SITUATIONS ACCIDENTELLES PCC ET RRC-A

1.1.1.5.2.1. PROFILS DE PRESSION ET TEMPÉRATURE ENVELOPPES

La pression et la température dans les casemates ARE en cas de brèche sur le circuit ARE dans ces locaux sont toujours très largement inférieures à la pression et à la température du profil accidentel enveloppe dans le BR en situations PCC et RRC-A décrit au [§ 1.1.1.1.2.1. \(Réf \[21\]\)](#).

1.1.1.5.2.2. IRRADIATION

Les situations accidentelles considérées ne créent pas d'irradiation dans les casemates ARE.

1.1.1.5.3. SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

Aucune situation d'accident grave n'est considérée dans les casemates ARE. Aucun matériel de ces locaux n'est à qualifier à des conditions spécifiques à l'accident grave.

1.1.2. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION SISMIQUE

Les spectres sismiques retenus pour la qualification sont définis conformément au sous-chapitre 3.3 du Rapport de Sûreté, pour mémoire :

- matériels situés dans les bâtiments standards : □ large gamme de modules de sol,
- matériels situés dans les bâtiments de site : □ module de sol du site.

Pour les matériels ayant une exigence de qualification sismique, on pourra :

- soit se référer aux spectres enveloppes,
- soit se référer aux spectres de plancher correspondants.

1.1.3. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION À LA RTHE

Les données de la qualification à la RTHE sont à définir au cas par cas pour chaque tuyauterie à haute énergie dont l'isolement est nécessaire en cas de rupture.

1.1.4. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION À L'EAU CHARGÉE ET ACTIVE

Le terme source débris maximal en aval des filtres des puisards pour la brèche APRP 2A est le suivant :

□

Le terme source débris maximal en aval des filtres des puisards pour une brèche APRP de 3 pouces est le suivant :

□

Le terme source débris maximal en aval des filtres des puisards pour une brèche sur des tuyauteries de pression interne inférieure à 100 bars est le suivant :

□

Le terme source débris maximal en aval des filtres des puisards en accident grave est de □ ppm, avec la répartition suivante :

□

Les données concernant les doses d'irradiation dues à l'activité de l'eau sont les valeurs indiquées :

- au [§ 1.1.1.2.2.2](#), pour les situations hors accidents graves,
- au [§ 1.1.1.2.3.2](#), pour les situations d'accidents graves.

1.1.5. DONNÉES RELATIVES À LA QUALIFICATION LIÉE À L'ÉTANCHÉITÉ

L'exigence de qualification relative à l'étanchéité concerne les matériels appartenant à la 3^{ème} barrière et à son extension. Ces matériels sont :

- soit au contact de l'atmosphère de l'enceinte,
- soit au contact du fluide primaire.

La vérification de cette exigence est faite pour les conditions d'ambiance (pression et température, d'une part, irradiation, d'autre part) susceptibles d'être subies par les matériels concernés dans les conditions de fonctionnement prises en compte.

1.1.6. LISTE DES FONCTIONS ÉLÉMENTAIRES À QUALIFIER

Des documents rassemblent les exigences relatives à la qualification des équipements aux conditions accidentelles ([Réf \[22\]](#) et [Réf \[23\]](#)).

1.2. VÉRIFICATION DU RESPECT DES EXIGENCES – PROGRAMMES DE QUALIFICATION

1.2.1. MÉTHODES DE QUALIFICATION

Le processus de qualification est décomposé en séquences élémentaires susceptibles de mettre en évidence les défaillances du matériel. Plusieurs méthodes sont utilisées dans la démarche de qualification.

1.2.1.1. QUALIFICATION PAR ESSAIS

Elle consiste à soumettre un matériel « modèle » représentatif du matériel monté en centrale, aux chargements représentatifs des conditions de fonctionnement dans lesquelles il doit remplir sa fonction de sûreté.

Les essais de qualification sont réalisés indépendamment les uns des autres et selon une séquence représentant au mieux les conditions de service ou les sollicitations supportées par les matériels.

1.2.1.2. QUALIFICATION PAR ANALYSE

La qualification par analyse se distingue généralement de la qualification par essais par le fait qu'elle ne fait pas appel à des essais spécifiques.

1.2.1.2.1. QUALIFICATION PAR CALCUL

La qualification par calcul consiste à démontrer que les chargements subis par le matériel ont sur celui-ci des conséquences admissibles. Cette méthode n'est utilisable que si :

- les chargements ont été estimés avec un conservatisme suffisant,
- les modèles de calcul sont représentatifs,
- les méthodes ou les codes de calcul utilisés sont validés.

Par exemple, la qualification de la robinetterie à la RTHE fait principalement appel à l'analyse dans la mesure où cette dernière permet de déterminer les efforts mécaniques supportés par le robinet ainsi que les caractéristiques du fluide la traversant.

1.2.1.2.2. QUALIFICATION PAR EXPÉRIENCE D'EXPLOITATION

La qualification par expérience d'exploitation consiste à déduire, en analysant l'histoire passée d'un matériel en exploitation industrielle, son aptitude au rôle de sûreté dans les installations à réaliser.

Pour assurer la qualification, l'expérience d'exploitation doit remplir les conditions suivantes :

- le matériel faisant l'objet du retour d'expérience doit être un matériel identique ou suffisamment représentatif de celui à qualifier,
- la durée d'exploitation doit être suffisamment longue,
- les conditions de service durant l'exploitation doivent être au moins aussi sévères que celles escomptées,
- la documentation accompagnant l'expérience d'exploitation doit être suffisamment sûre et détaillée pour justifier le comportement du matériel exploité.

Dans la pratique, cette méthode est rarement utilisée seule. Elle vient en général compléter et confirmer le comportement d'un composant d'un matériel dont la qualification d'ensemble est démontrée par les autres méthodes.

1.2.1.2.3. QUALIFICATION PAR ANALOGIE

La qualification par analogie consiste à effectuer, sur la base de règles logiques, une comparaison du matériel à qualifier par rapport à un matériel « analogue » déjà qualifié. Trois étapes sont en général nécessaires à la démonstration de la qualification.

Ces trois étapes sont :

- la comparaison des technologies,
- la comparaison des conditions fonctionnelles,
- l'évaluation et la justification, pour chaque risque potentiel de défaillance, de la conception technologique retenue.

Les matériels concernés par la méthode de qualification par analogie sont principalement les pompes et la robinetterie.

1.2.1.2.4. MÉTHODES MIXTES

Les méthodes mixtes consistent en une combinaison des méthodes présentées dans les paragraphes précédents. Ces combinaisons sont variables selon le cas considéré.

Dans tous les cas, chaque partie traitée par une des méthodes doit répondre aux prescriptions correspondantes. L'ensemble doit démontrer totalement l'aptitude du matériel à assurer sa fonction de sûreté.

1.2.2. PROGRAMMES DE QUALIFICATION APPLICABLES

1.2.2.1. PRINCIPE GÉNÉRAL

Pour la qualification des matériels, le document de référence est la norme internationale CEI 60780 [Réf \[7\]](#). Les trois pratiques de qualification suivantes, qui sont compatibles avec cette norme, peuvent être employées :

- la pratique française basée sur le RCCE (voir sous-chapitre 1.6), qui cite la norme [Réf \[1\]](#), et sur les spécifications générales associées (cf. [Réf \[13\]](#) à [Réf \[15\]](#)),
- la pratique allemande basée sur les règles KTA [Réf \[8\]](#),
- la pratique américaine basée sur les règles IEEE [Réf \[9\]](#).

A l'issue d'une revue des pratiques de qualification utilisées en Europe [Réf \[10\]](#), il est reconnu que toutes ces pratiques concourent au même objectif, qui est de démontrer qu'un matériel a le fonctionnement attendu dans les conditions d'ambiance et sous les sollicitations spécifiées. Elles ont été développées selon des principes analogues (ceux que l'on retrouve dans un document fédérateur comme la publication [Réf \[7\]](#)) et, pour la méthode par essais, elles font appel aux mêmes étapes et font intervenir des grandeurs d'influence identiques et des paramètres analogues. Toutefois, il n'est pas possible de montrer l'identité ou l'équivalence des essais unitaires qui composent chacune des files de qualification. Cette variété de solutions en face d'une exigence de qualification ne traduit pas un niveau de sûreté différent. Elle reflète d'une part la personnalisation des files d'essais avec les habitudes des prescripteurs et essayeurs, et d'autre part, la dépendance des paramètres aux données de conception et d'installation qui peuvent différer d'un projet à l'autre.

Chacune des pratiques citées plus haut est applicable dans la mesure où la qualification est vérifiée pour un requis supérieur ou égal à celui de Flamanville 3.

Le requis pour un matériel donné est caractérisé par :

- les conditions d'ambiance en fonctionnement normal et l'hypothèse de durée de vie prise en compte pour la qualification du matériel,
- les conditions d'ambiance accidentelle pour lesquelles le matériel doit être qualifié : profil de température, pression, humidité, d'une part, dose d'irradiation, d'autre part,
- le niveau de sollicitation sismique,
- l'éventuelle sollicitation en RTHE,
- les caractéristiques de l'éventuelle Eau Chargée Active.

Le recours possible à plusieurs pratiques évite de développer de nouvelles files de qualification, autorise le réemploi d'une pratique existante pour laquelle on dispose d'une validation et d'un retour d'expérience, et permet le réemploi de dossiers de qualification lorsque la qualification a été prononcée pour un projet antérieur à Flamanville 3.

En l'absence de reconduction d'une spécification particulière déjà validée au sein d'une des pratiques admises, les dispositions du paragraphe 5.3 de la publication [Réf \[7\]](#) sont à appliquer pour élaborer une nouvelle spécification.

Pour tirer profit d'une pratique existante, il convient de la reconduire en restant à l'intérieur du domaine dans lequel sa validité a été démontrée.

En conséquence, pour un matériel donné, la file de qualification choisie doit relever d'une seule des pratiques disponibles. Elle sera retenue pour toutes les étapes de la qualification initiale.

En d'autres termes, le « panachage » des files de qualification est interdit.

A titre d'illustration, une phase de pré-conditionnement obtenue en sélectionnant des essais RCC-E (pratique française – voir sous-chapitre 1.6) pour une part et des essais KTA pour une autre, serait à considérer comme une création. Son emploi n'est pas autorisé (sauf à faire l'investissement d'étude pour justifier une nouvelle séquence). De même, il n'est pas autorisé de faire l'appréciation du comportement dans le temps (en tant que pré-conditionnement du matériel) selon le RCC-E puis d'effectuer la phase accidentelle en s'appuyant sur les spécifications qui découlent des règles KTA.

En règle générale, la pratique d'origine sera retenue pour les compléments de qualification. Un dossier de justification serait à établir dans le cas contraire.

Prise en compte de la validation d'une pratique et de ses évolutions :

- pour réutiliser une spécification existante, il conviendra de fournir les références des matériels pour lesquels cette spécification a été reconnue comme valable sur le plan méthodologique et qui permettent de la considérer comme de pratique industrielle courante,
- il conviendra également d'examiner les évolutions de la règle IEEE ou KTA postérieures à la révision pour laquelle la spécification a été validée.

Les vérifications aux limites d'emploi fonctionnelles peuvent se faire sur d'autres spécimens que les matériels soumis en laboratoire à la séquence accidentelle.

Pour la phase d'appréciation du comportement dans le temps, il est requis de tracer les hypothèses prises en compte pour le fonctionnement normal.

Lorsqu'elle existe (existence d'une norme produit pour un type de matériel donné), il convient de recourir à une phase d'appréciation du comportement dans le temps ayant fait l'objet d'une normalisation au sein de la Communauté Européenne (en priorité), ou d'une norme internationale CEI ou ISO.

Ces dispositions, ainsi que les méthodes décrites au [§ 1.2.1.](#), s'appliquent également à la qualification des matériels pour les situations d'accidents graves, avec les précisions suivantes :

- la méthode par essais est recommandée lorsque le matériel comporte des matériaux organiques,
- la sanction peut être différente de celle requise en conditions PCC (par exemple, la précision spécifiée pour un capteur peut être plus faible),
- pour un matériel installé sous une protection atténuant les rayonnements dont l'efficacité est démontrée, il est possible :
 - soit de calculer la dose ambiante à l'emplacement de l'équipement complet et d'essayer le matériel avec sa protection,
 - soit de calculer la dose sous le dispositif de protection et d'essayer le matériel sans sa protection.
- quand la qualification aux conditions de l'accident grave intervient en complément d'une qualification déjà prononcée aux conditions PCC :
 - les enseignements tirés de la qualification PCC sont mis à profit pour adapter le conditionnement avant la séquence d'accident grave en retenant les facteurs les plus contraignants,

- la démonstration de la tenue sismique acquise antérieurement, si elle est nécessaire, n'est pas à reprendre au sein de la séquence accident grave.
- lors des essais de qualification vis-à-vis des situations d'accidents graves, un seul choc thermodynamique est appliqué et le profil thermodynamique (profil « pré-AG », défini au § [1.1.1.1.3.3.](#), suivi du profil accident grave, défini au § [1.1.1.1.3.1.](#)) est appliqué sans marge.

1.2.2.2. CONDITIONS D'AMBIANCE

1.2.2.2.1. QUALIFICATION AU TITRE DE L'UTILISATION DANS LES SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

Comme indiqué au § [0.4.2.1.2.](#), aucun regroupement en familles de conditions d'ambiance n'est retenu. Les missions que chaque matériel dédié doit remplir sont retenues comme base de qualification. Pour les matériels situés dans le BR, des profils de pression et température enveloppes sont donnés au § [1.1.1.1.3.1.](#). La durée du profil (P, T) et la dose d'irradiation à retenir sont déterminées de manière spécifique, pour chaque matériel.

Il est possible, pour les matériels ne participant pas à l'étanchéité du confinement, de faire une analyse permettant de déterminer un profil de pression et température spécifique, qui peut être moins pénalisant que le profil de qualification enveloppe.

1.2.2.2.2. QUALIFICATION AU TITRE DE L'UTILISATION EN SITUATIONS ACCIDENTELLES AUTRES QUE SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES – CONDITIONS STANDARDISÉES DE QUALIFICATION À L'AMBIANCE

Les conditions d'ambiance sont déterminées de façon simple, pour un matériel donné, à partir des données suivantes :

- localisation (zone accessible du BR, zone inaccessible du BR, BAS, BK, casemates ARE et VVP),
- famille de conditions d'ambiance,
- éventuelle périodicité de remplacement des composants sensibles au vieillissement,
- éventuelle sensibilité au rayonnement β ,
- éventuelle exigence de qualification à la RTHE,
- éventuelle exigence de qualification à l'Eau Chargée et Active.

Pour les matériels ayant une exigence de qualification hors Accidents Graves, la qualification peut être faite en utilisant les conditions standardisées décrites ci-dessous (§ [1.2.2.2.1.](#)).

Ces conditions standardisées de qualification à l'ambiance ne s'appliquent pas à la qualification vis-à-vis des situations d'Accidents Graves.

1.2.2.2.2.1. CONDITIONS STANDARDISÉES DE TEMPÉRATURE ET PRESSION

La localisation et la famille de conditions d'ambiance permettent de déterminer le type de profil standard à retenir.

Pour les matériels ayant une exigence de qualification en ambiance dégradée en température (et pression), toute qualification à un profil de température (et pression) supérieur ou égal au profil standardisé déterminé convient.

1 — MATÉRIELS SITUÉS DANS LE BR :

Un profil de pression et température enveloppe est déterminé au § [1.1.1.1.2.1.](#)

Ce profil est confondu avec celui de la phase thermodynamique accidentelle de la norme [Réf \[1\]](#), couramment appelé profil thermodynamique K1, pendant le 1^{er} jour.

Entre 1 et 4 jours, les pressions et températures du profil enveloppe dépassent celles du profil K1. Ceci est dû au fait que, au-delà de 1 jour, les pressions et températures calculées pour l'accident d'APRP sans ISBP (situation de type RRC-A) dépassent ce profil.

La norme [Réf \[1\]](#) décrit, pour le parc français en exploitation, les conditions applicables pour la qualification des matériels aux conditions accidentelles. Celles-ci comprennent :

- un essai de tenue aux conditions thermodynamiques et chimiques accidentelles, qui correspond au profil K1 du RCC-E (voir sous-chapitre 1.6), d'une durée de \square heures. Le 1^{er} jour de cet essai correspond au profil enveloppe déterminé pour EPR ([§ 1.1.1.1.2.1.](#)),
- un essai de tenue aux conditions thermodynamiques post-accidentelles : \square (voir norme, si température différente). Cet essai couvre la partie du profil enveloppe comprise entre \square et \square jours.

Trois profils de pression et température standardisés, déduits de la norme [Réf \[1\]](#), sont définis dans le tableau ci-dessous. Les familles de conditions d'ambiance pour lesquelles ils conviennent sont indiquées.

Profil standardisé	Matériels concernés	Description
BR-CT (Court Terme)	Famille 2	Profil accidentel K1 limité à \square heures
BR-MT (Moyen Terme)	Familles 3 et 5	Profil accidentel K1 limité à \square heures
BR-LT (Long Terme)	Familles 4 et 6	Profil accidentel K1 (durée de 96 heures), puis \square °C pendant 10 jours

Nota : Le profil de pression et température BR-LT enveloppe le profil BR-MT qui, lui-même, enveloppe le profil BR-CT. Il est, par conséquent, possible d'utiliser le profil BR-MT pour qualifier des matériels de la famille 2 ou d'utiliser le profil BR-LT pour qualifier des matériels des familles 2, 3 ou 5.

Les matériels qualifiés suivant la norme [Réf \[1\]](#) satisfont aux exigences de qualification en pression et température des matériels situés dans le BR de l'EPR.

Les profils de température BR-CT (resp. BR-MT, BR-LT) sont représentés sur les figures [FIG-3.7.1.1.4](#) (resp. [FIG-3.7.1.1.5](#), [FIG-3.7.1.1.6](#)).

2- MATÉRIELS SITUÉS DANS LES BAS :

Compte tenu des éléments présentés au [§ 1.1.1.2.2.1.](#), deux profils de pression et température standardisés sont définis dans le tableau ci-dessous. Les familles de conditions d'ambiance pour lesquelles ils conviennent sont indiquées.

Profil standardisé	Matériels concernés	Description
BAS-MT (Moyen Terme)	Famille B	Profil accidentel de température enveloppe (décrit au § 1.2.2.1.) jusqu'à [] heures Pression de saturation correspondant à ce profil de température, tant que la température est supérieure à []°C ; [] bar, lorsque la température est inférieure ou égale à []°C
BAS-LT	Famille C	Profil accidentel enveloppe (décrit au paragraphe 1.1.2.2.1) complet Pression de saturation correspondant à ce profil de température, tant que la température est supérieure à []°C ; [] bar, lorsque la température est inférieure ou égale à []°C

Lorsque la température enveloppe est inférieure ou égale à []°C, la pression retenue pour la qualification des matériels (pression atmosphérique) est légèrement inférieure à la valeur enveloppe mentionnée au § 1.1.1.2.2.1. ([]). La légère surpression susceptible d'être subie par les matériels en situation accidentelle n'a pas d'impact sur les matériels à qualifier qui ont subi, au début du profil (pendant plus de [] heures) une pression supérieure à [] bar ([], pressions de saturation correspondant au profil de température enveloppe) et supérieure à la pression maximale susceptible d'être subie en situation accidentelle mentionnée au § 1.1.1.2.2.1. ([]).

Les locaux dans lesquels ces profils s'appliquent sont identifiés dans le paragraphe 3 de la [Réf \[12\]](#).

Nota : Le profil de température BAS-LT est enveloppe du profil BAS-MT. Il est, par conséquent, possible d'utiliser le profil BAS-LT pour qualifier des matériels de la famille B.

Conformément au § 0.4.2.1.2.3.3., aucun profil court terme de température n'est défini dans le BAS.

3- MATÉRIELS SITUÉS DANS LE BK :

Conformément au § 0.4.2.1.2.4.3., deux profils standards de température dans le Bâtiment Combustible sont définis : BK-CT et BK-LT.

Le profil BK-LT couvre le moyen et le long terme, jusqu'à la récupération du refroidissement de la piscine BK.

Il est défini comme suit :

Profil standardisé	Matériels concernés	Description
BK-CT (Court Terme)	Famille B	Montée de [], puis palier à []
BK-LT (Long Terme)	Famille C	Montée de [], puis palier à []°C jusqu'à l'instant de récupération du refroidissement de la piscine BK []

Ces profils sont associés à des conditions d'humidité proches de la saturation et à une pression de [] bar. Les locaux dans lesquels ces profils s'appliquent sont identifiés dans la [Réf \[24\]](#).

Le profil BK-LT est représenté sur la figure [FIG-3.7.1.1.8](#).

4- MATÉRIELS SITUÉS DANS LES CASEMATES VVP :

Compte tenu des éléments présentés au [§ 1.1.1.4.2.1.](#), deux profils de pression et température standardisés sont définis dans le tableau ci-dessous. Les familles de conditions d'ambiance pour lesquelles ils conviennent sont indiquées.

□

5- MATÉRIELS SITUÉS DANS LES CASEMATES ARE :

A titre de découplage, le profil BR-LT, très enveloppe des conditions de pression et température dans les casemates ARE en situation accidentelle (voir [§ 1.1.1.5.2.1.](#)) est retenu pour la qualification des matériels des casemates ARE nécessaires dans les situations correspondantes.

1.2.2.2.2. DOSES D'IRRADIATION DE QUALIFICATION STANDARDISÉES

Ce point est sans objet pour les matériels des casemates VVP et ARE.

1- DÉTERMINATION D'UNE VALEUR MAJORANTE DE LA DOSE À RETENIR POUR LA QUALIFICATION :

Une valeur majorante de la dose d'irradiation pour laquelle un matériel doit être qualifié est déterminée de la façon suivante :

Irradiation pour laquelle le matériel doit être qualifié

=

Irradiation de vieillissement

+

Irradiation accidentelle γ

+

Irradiation accidentelle β

(si elle a des conséquences sur le matériel)

Les valeurs d'irradiation de vieillissement à utiliser sont celles des paragraphes suivants :

- pour le Bâtiment Réacteur : [§ 1.1.1.1.1.](#),
- pour les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde : [§ 1.1.1.2.1.](#),
- pour le Bâtiment Combustible : [§ 1.1.1.3.1.](#)

Les valeurs d'irradiations accidentelles γ et β à utiliser sont celles des paragraphes suivants :

- pour le Bâtiment Réacteur : [§ 1.1.1.1.2.2.](#),
- pour les Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde : [§ 1.1.1.2.2.2.](#),
- pour le Bâtiment Combustible : [§ 1.1.1.3.2.2.](#)

Les valeurs indiquées dans les tableaux permettent de déterminer une dose d'irradiation enveloppe pour la qualification d'un matériel donné, en fonction de sa localisation, de la périodicité de remplacement de ses composants sensibles, de sa famille et de son éventuelle sensibilité au rayonnement β .

Si la dose ainsi déterminée crée des difficultés pour qualifier un matériel, il est possible de produire une analyse plus fine pour justifier une dose plus faible susceptible d'être subie par un matériel donné.

2- DOSES D'IRRADIATION DE QUALIFICATION STANDARDS :

Pour simplifier la qualification des matériels, des doses de qualification standards sont déterminées, en nombre limité :

- doses d'irradiation standards dans le BR :
50 kGy, 100 kGy, 200 kGy, 250 kGy, 300 kGy, 400 kGy, 450 kGy,
- doses d'irradiation standards hors du BR (BAS, BK) :
50 Gy, 1 kGy, 5 kGy, 20 kGy, 50 kGy.

Dans la pratique, la dose retenue pour la qualification est la dose standard immédiatement supérieure à la dose déterminée de la façon indiquée au paragraphe 1.2.2.2.2.1.

La qualification à une dose supérieure permet, bien sûr, de vérifier le respect de l'exigence.

La dose standardisée maximale fixée hors du BR permet de qualifier des matériels situés en zone jaune, appartenant à la famille F_{BAS} ou F_{BK} , sensibles au rayonnement β et dont les composants sensibles ne seraient pas remplacés pendant la durée de vie de la tranche.

Cette valeur ne couvre pas la valeur à retenir pour le maintien fermé des robinets extérieurs d'isolement enceinte. En effet, l'intérieur de ces robinets est susceptible de se trouver en contact avec l'intérieur de l'enceinte. Ils sont affectés, de manière conservatrice, à la même famille que leurs correspondants situés à l'intérieur de l'enceinte. Cela concerne les robinets, mais pas leur commande.

Dans les casemates ARE et VVP, aucune irradiation n'est considérée ([§ 1.1.1.4.2.2.](#)).

1.2.2.2.3. UTILISATION DES CONDITIONS STANDARDISÉES DE QUALIFICATION

Les conditions de qualification d'un matériel à l'ambiance accidentelle se composent :

- de conditions de qualification en température (et éventuellement pression),
- ou/et de conditions de qualification à l'irradiation.

Pour déterminer les conditions de qualification à retenir, pour un matériel ayant une exigence de qualification, les informations suivantes sont nécessaires : localisation du matériel, famille de conditions d'ambiance, périodicité de remplacement des composants sensibles au vieillissement, sensibilité éventuelle au rayonnement β .

La localisation et la famille permettent de déterminer le profil de température (et de pression, si le local est pressurisable) à retenir. Les profils standardisés envisageables, définis dans le [§ 1.2.2.2.](#) ci-dessus, sont au nombre de 9 :

BR-CT, BR-MT, BR-LT, BAS-MT, BAS-LT, BK-CT, BK-LT, VVP-CT, VVP-MT.

Pour les matériels ayant une exigence de qualification en ambiance dégradée en température (et pression), toute qualification à un profil de température (et pression) supérieur ou égal au profil standardisé ainsi déterminé convient. Le profil de pression et température K1 de la norme [Réf \[1\]](#), notamment, est enveloppe de tous les profils standardisés précédents.

La localisation, la famille de conditions d'ambiance, la périodicité de remplacement des composants sensibles au vieillissement et l'éventuelle sensibilité du matériel au rayonnement β permettent de déterminer une valeur majorante de la dose à retenir pour la qualification du matériel (voir paragraphe 1.2.2.2.2.1). Sauf justification particulière, la dose standardisée à retenir pour la qualification est la valeur immédiatement supérieure parmi les suivantes :

- matériels situés dans le BR : 50 kGy, 100 kGy, 200 kGy, 250 kGy, 300 kGy, 400 kGy, 450 kGy,

- matériels situés dans les BAS et dans le BK : 50 Gy, 1 kGy, 5 kGy, 20 kGy, 50 kGy.

Pour les matériels ayant une exigence de qualification en ambiance dégradée en irradiation, toute qualification à une dose supérieure ou égale à la dose standardisée ainsi déterminée convient.

A titre d'illustration, le tableau [TAB-3.7.1.1.1](#) indique les conditions de qualification standardisées qui devraient être retenues pour les matériels des différentes familles de conditions d'ambiance du BR, dans les cas suivants :

- matériels situés en zone accessible en fonctionnement normal,
- matériels situés en zone inaccessible en fonctionnement normal et dont les composants sensibles seraient remplacés tous les 10 ans,
- matériels situés en zone inaccessible et dont les composants sensibles ne seraient pas remplacés.

A titre d'illustration également, le tableau [TAB-3.7.1.1.2](#) indique les conditions de qualification qui devraient être retenues pour les matériels des différentes familles de conditions d'ambiance des BAS.

Un type de matériel donné peut être situé en différents emplacements ou/et être nécessaire dans différents types de situations accidentelles. Il a lieu d'être qualifié pour les conditions les plus contraignantes dans lesquelles il est nécessaire.

Dans la pratique, pour qualifier un matériel donné, un profil enveloppe du profil requis (par exemple, BR-LT pour les matériels du BR) sera le plus souvent retenu.

1.2.2.3. NIVEAU DE SOLLICITATION SISMIQUE

Les spectres à retenir sont indiqués au [§ 1.1.2.](#)

1.2.2.4. QUALIFICATION À LA RTHE

Comme indiqué au [§ 1.1.3.](#), les sollicitations correspondantes sont à définir au cas pour cas, en fonction de la rupture à isoler.

1.2.2.5. CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU CHARGÉE ACTIVE

Les caractéristiques à retenir pour l'Eau Chargée Active sont indiquées au [§ 1.1.4.](#)

1.2.3. COMPLÉMENTS ÉVENTUELLEMENT NÉCESSAIRES AU COURS DE LA DURÉE DE VIE DES MATÉRIELS QUALIFIÉS

Une hypothèse de durée de vie est prise en compte par le processus initial de qualification lors de la phase d'appréciation du comportement dans le temps.

Cette durée de vie qualifiée, mentionnée dans la Note de Synthèse de Qualification, peut devenir inférieure à la durée de vie prévue pour l'équipement :

- soit parce que la durée de vie qualifiée est revue à la baisse du fait :
 - des causes du vieillissement, lorsque les sollicitations en exploitation se révèlent significativement plus sévères que celles prises en compte lors de la qualification (cas des matériels installés en point chaud, du point de vue thermique ou radiatif),
 - ou des effets du vieillissement, lorsque le retour d'expérience fait apparaître des mécanismes de vieillissement non pris en compte lors de la qualification initiale ou lorsque les connaissances scientifiques sur les phénomènes en cause évoluent,

- soit parce qu'avec le temps, il devient nécessaire de ré-évaluer la durée de vie qualifiée. Il s'agit alors d'un programme d'extension de qualification à appliquer avant que la durée de vie installée du matériel ne devienne supérieure à sa durée de vie qualifiée.

Il convient alors d'appliquer un programme de qualification progressive selon [Réf \[7\]](#).

La qualification progressive peut faire appel à plusieurs méthodes :

- 1) L'analyse des conditions de la qualification initiale pour évaluer les conservatismes éventuels.
- 2) La comparaison des sollicitations et des conditions d'ambiance (température et irradiation) réellement subies par le matériel en exploitation, avec celles retenues en qualification. Cette comparaison peut conduire à une réévaluation de l'hypothèse de durée de vie qualifiée, à partir des valeurs réelles constatées en exploitation.
- 3) Le suivi des paramètres de fonctionnement du matériel en exploitation dans le cadre des essais périodiques, des contrôles ou des inspections. Ces paramètres doivent permettre de détecter une évolution du matériel qui serait préjudiciable à l'accomplissement de la mission requise en situation accidentelle ou sous sollicitation sismique.
Il peut donc s'agir :
 - a) de mesures périodiques sur l'équipement (par exemple précision de la mesure, temps de réponse, ou mesure électrique comme la résistance d'isolement),
 - b) de l'expertise d'un matériel prélevé, visant à caractériser son état vieilli sur site par rapport à un matériel neuf.
- 4) La modification des conditions environnementales (4a) ; la protection ou le déplacement de l'équipement pour réduire les contraintes en service (4b).
- 5) L'extension de qualification de l'équipement, en le soumettant à une séquence de qualification basée sur une hypothèse de durée de vie allongée. L'essai peut être pratiqué :
 - a) sur un matériel (ou éprouvette) installé en surnombre sur site,
 - b) sur un matériel prélevé sur site (essai de prélèvement),
 - c) sur un matériel neuf.
- 6) Le remplacement (6a) ou la rénovation (6b), à titre de mesure préventive, de l'équipement dans son intégralité ou partiellement, à l'identique, par un autre équipement qualifié ou par des composants moins sensibles au vieillissement.

1.3. DISPOSITIONS PRISES POUR GARANTIR LA PÉRENNITÉ DE LA QUALIFICATION LORS DE LA FABRICATION ET DE L'EXPLOITATION

La qualification initiale apporte la preuve documentée que le matériel modèle répond aux exigences de sûreté.

Une fois cette confiance établie par essai, par analyse ou par une méthode mixte, elle doit être préservée tout au long de la vie de l'installation, tant au cours de la fabrication en usine des matériels de série, que lors de leur montage et de leur exploitation sur site.

C'est le rôle de la pérennité.

1.3.1. PÉRENNITÉ EN FABRICATION

Le processus de pérennité de la qualification en fabrication vise à s'assurer que :

- le fournisseur est apte à produire un matériel de série conforme au matériel modèle qualifié aux conditions accidentelles,
- la conformité pourra être maintenue dans le temps tant qu'il est nécessaire de fabriquer des matériels de série et des pièces de rechange.

Les principales dispositions reposent sur :

- la sélection des couples produit – fournisseur avant la notification des contrats de fourniture. Elle a pour but, pour un produit donné, de choisir le fournisseur apte à répondre au besoin exprimé. Elle débute par une enquête sur le marché des fournisseurs. Pour chacun d'entre eux, la sélection intègre un examen d'aptitude qui porte à la fois sur les capacités de l'entreprise et sur l'aptitude du produit à répondre au besoin. Ce processus débouche sur la contractualisation avec le fournisseur sélectionné,
- la création et le maintien d'un dossier de référence par le fournisseur, cette exigence contractuelle prenant effet au plus tard à la fin de la procédure de qualification. Ce dossier décrit les éléments de fabrication permettant de s'assurer de la conformité des matériels fabriqués au modèle qualifié et d'en maîtriser les évolutions,
- la mise en place d'un processus de gestion des modifications, afin d'examiner leur incidence sur la qualification du matériel aux conditions accidentelles.

1.3.2. PÉRENNITÉ LORS DU MONTAGE ET DE L'EXPLOITATION

Le processus de pérennité de la qualification lors du montage et de l'exploitation vise à garantir que la qualification du matériel aux conditions accidentelles sera préservée :

- lors du premier montage sur site, ou à l'occasion de montages ultérieurs,
- lors des activités de maintenance tout au long de l'exploitation (maintenance, visites périodiques, modifications, pièces de rechange).

Les principales dispositions reposent sur :

- l'établissement, dès que la qualification initiale est prononcée, d'une fiche de pérennité des matériels qualifiés. Ce document a pour but d'indiquer à l'Installateur et à l'Exploitant les prescriptions issues directement du processus de qualification, qui complètent, sans les reprendre, les standards de montage et les règles de l'art,
- l'application sur site des procédures de montage et des prescriptions de pérennité de la qualification (montage, modifications, maintenance),
- la prise en compte de l'état qualifié du matériel lors de la préparation des interventions sur site et la formation des intervenants,
- la maîtrise de l'approvisionnement et des conditions de stockage des matériels et des pièces de rechange, avec l'attribution d'une catégorie conforme à leur impact sur la fonction qualifiée,
- l'analyse du retour d'expérience des sites avec un processus de détection et d'analyse des écarts de conformité.
- la pérennité des fournisseurs de biens et de services ainsi que le traitement des obsolescences.

1.4. DOCUMENTATION GARANTISSANT LE RESPECT DES EXIGENCES

Au niveau de chaque matériel, le respect des exigences est attesté par un ensemble de documents issus du processus de qualification ou mis en place au plus tard à la fin du processus de qualification pour en garantir la pérennité en fabrication, installation et exploitation.

Ce sont :

- le dossier d'identification du matériel modèle,
- la spécification générale de qualification pour une famille de matériels, et la spécification particulière de qualification pour un matériel précis de la famille donnée,
- les rapports d'essai (de qualification), les notes de calcul et d'analyse (en fonction de la méthode de qualification retenue),

- la note de synthèse de qualification. Elle prononce la qualification du matériel sans réserve ou sous réserve, auquel cas le processus de demande de modification est enclenché.

S'y ajoutent les documents destinés à maintenir la qualification lors de la fabrication, du montage et de l'exploitation (cf. [§ 1.3.](#)), tels que :

- la fiche de pérennité des matériels qualifiés,
- le dossier de référence (ce document est tenu à disposition chez le fabricant),
- le recueil des prescriptions pour le maintien de la qualification,
- les notes attribuant une catégorie d'approvisionnement aux pièces de rechange.

Globalement, une note de bilan de la qualification des matériels aux conditions accidentelles garantit que tous les composants des chaînes électromécaniques assurant une fonction classée de sûreté sont qualifiés pour les conditions dans lesquelles ils sont nécessaires. Le bilan fournit l'état de la qualification des matériels, en référant les documents qui ont permis de prononcer la qualification, ainsi que les dossiers de modification en cas de qualification sous réserve. La vérification des exigences relatives à l'étanchéité de la 3^{ème} barrière et de son extension peut faire l'objet d'un bilan séparé.

2. MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS DE QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES – ANALYSE DE SURETE

2.1. EXIGENCES DE QUALIFICATION DES MATERIELS

2.1.1. Conditions d'environnement

Pour les matériels associés à des fonctions ayant une exigence de qualification en ambiance dégradée, les exigences sont définies conformément aux [§ 0.](#) et [§ 1.](#) Cela inclut notamment les exigences de qualification vis-à-vis de sollicitations particulières : rupture de tuyauterie haute énergie, eau chargée et active.

2.1.2. Exigences de qualification sismique

Pour les matériels ayant une exigence de qualification sismique, les exigences de qualification sismique sont définies conformément au sous-chapitre 3.2.

2.2. RESULTAT DU PROCESSUS DE QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Le bilan de la qualification des matériels aux conditions accidentelles (conditions de fonctionnement PCC, RRC-A et situations d'accident grave - cf. [Réf \[25\]](#)) garantit que tous les composants des chaînes électromécaniques assurant une fonction classée de sûreté (Structures, Systèmes et Composants) satisfont les exigences de qualification auxquelles ils sont soumis. Le bilan de qualification fournit l'état de la qualification des matériels, en s'appuyant sur les documents qui ont permis de prononcer la qualification :

- Note de Synthèse de Qualification (NSQ).
- Fiche de pérennité des Matériels Qualifiés (FMQ).

De plus, la vérification des exigences relatives à l'étanchéité de la 3^{ème} barrière et de son extension et la liste des composants électriques programmés faisant l'objet d'un dossier de qualification fonctionnelle renforcée font chacun l'objet d'un addendum dédié au bilan de qualification.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1]** Norme française NF M 64-001 (novembre 1991) – Procédure de qualification des matériels électriques installés dans l’enceinte de confinement des réacteurs à eau sous pression et soumis aux conditions accidentelles
- [2]** NFPSR DC 1055 P – In-containment pressure and temperature in PCC and RRC-A accidents
- [3]** ENTERP080211A – Doses maximales intégrées par les matériels du BR pour les accidents sans fusion du cœur
- [4]** D305915015297 A – Méthodologie de calcul des doses intégrées par les équipements lors d’un accident
- [5]** D305915015133 C – Recueil d’hypothèses pour le calcul des doses accidentelles intégrées par les équipements de l’EPR
- [6]** ENSN030450A – Safety approach adopted in the design of the EPR containment with a steel liner
- [7]** Norme internationale CEI 60780 – Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification
- [8]** Exemples de règles KTA :
- KTA 3501 – Reactor Protection System and Monitoring Equipment of the Safety System
- KTA 3701 – General Requirements for the Electrical Power Supply of the Safety System in Nuclear Power Plants
- [9]** IEEE Std 323 – IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations
- [10]** Report EUR 16246 EN – A comparison of European practices for the qualification of electrical and I & C equipment important to safety for European LWR power plant
- [11]** D02-ARV-01-051-263A – EPR FA3 – MER and P & T inside SAB
- [12]** ECEF082857A – Identification des locaux du BAS et du BK dans lesquels les conditions P & T seraient dégradées par une fuite des circuits des systèmes du BAS et la perte du refroidissement de la piscine BK menant à son ébullition
- [13]** ENRECI070143B – Spécification générale de qualification aux conditions accidentelles des organes de robinetterie – Méthode par essais
- [14]** ENSE070084A – Spécification générale de qualification aux conditions accidentelles des matériels électriques – Méthode par essais
- [15]** ENITMT050165B – Spécifications pour la qualification des groupes de pompage aux conditions accidentelles pour l’EPR
- [16]** ENTEAG080196B – EPR – Synthèse des conditions P & T en AG
- [17]** ENTERP090050A – EPR – Doses maximales intégrées par les matériels du BK dans le cas d’un accident de manutention du combustible

[18] D305919006940A – EPR FA3 : profil de qualification AG des vannes de dépressurisation du circuit primaire

[19] ENTERP060175B – EPR – Doses intégrées par les matériels du BR en accident grave : valeurs maximales et recommandations pour les essais de qualification à l'irradiation

[20] NEPR-F DC 536D – EPR FA3 – MER and P&T inside MSS Valves compartment

[21] NEPR-F DC 537E – EPR FA3 – MER and P&T inside MFW Valves compartment

[22] ECEF040759 – Liste des équipements à qualifier à l'ambiance accidentelle – EDR DMES Autorisation Complété

[23] ECESN130221H – Détermination des durées de mission des matériels utilisés en situation d'Accident Grave

[24] ESYS2015FR0053A – Etude des conditions d'ambiance dans le Bâtiment combustible en cas d'ébullition de la piscine de désactivation.

[25] ECEMA102313 M – Bilan de Qualification aux Conditions Accidentelles et à l'Accident Grave des chaines électromécaniques classées de sûreté de l'EPR (Propriété EDF)

[26] D305918007915A – EPR FA3 Evaluation des conditions d'ambiance de l'EEE en situation d'AG

[27] D305921012468 [A] EPR FA3 – Dossier support à la définition d'un nouveau profil de qualification en température du matériel en casemate vapeur

TAB-3.7.1.1.1 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LE BR

Dans les tableaux suivants, chaque famille est placée dans la case correspondant au programme standardisé minimal permettant de qualifier ses matériels. Un programme de qualification correspondant à une durée de profil (P, T) plus longue ou/et à une dose d'irradiation plus élevée conviendrait, bien sûr, également.

Matériels situés dans la zone accessible du BR, indépendamment de la périodicité de remplacement des composants sensibles

Profil (P, T)	Conditions normales	BR-CT	BR-MT	BR-LT
Dose				
50 kGy	Famille 1	Famille 2	Famille 3 Famille 5	Famille 4
100 kGy				Famille 6 sans β
200 kGy				Famille 6 avec β

Matériels situés dans la zone inaccessible du BR et dont la périodicité de remplacement des composants sensibles est de 10 ans

Profil (P, T)	Conditions normales	BR-CT	BR-MT	BR-LT
Dose				
50 kGy	Famille 1	Famille 2	Famille 3 Famille 5	Famille 4*
200 kGy				Famille 6

* L'utilisation directe des valeurs du [§ 1.1.1.1.1](#) et du [§ 1.1.1.2.2](#) conduit à une dose de qualification de 51,2 kGy. Si on tient compte d'un taux de disponibilité de l'ordre de 90%, ce qui diminue la dose à retenir pour le vieillissement, la dose de qualification 50 kGy convient.

Matériels situés dans la zone inaccessible du BR et dont les composants sensibles ne sont pas remplacés (sur une durée de 60 ans)

Profil (P, T)	Conditions normales	BR-CT	BR-MT	BR-LT
Dose				
250 kGy	Famille 1	Famille 2	Famille 3 Famille 5	Famille 4
300 kGy				Famille 6 sans β
400kGy				Famille 6 avec β

Matériels situés en zone rouge du BR

Profil (P, T)	Conditions normales	BR-CT	BR-MT	BR-LT
Dose				
250 kGy	Famille 1			
300kGy		Famille 2	Famille 3 Famille 5	Famille 4
400 kGy				Famille 6 sans β
450kGy				Famille 6 avec β

TAB-3.7.1.1.2 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LES BAS

Dans les tableaux suivants, chaque famille est placée dans la case correspondant au programme standardisé minimal permettant de qualifier ses matériels.

Remarques :

- Les doses standardisées indiquées incluent l'irradiation γ et l'irradiation β due au fluide véhiculé dans les tuyauteries.
- Pour un matériel ayant une exigence de qualification en température et en irradiation (par exemple C + F), l'irradiation de qualification standardisée à retenir est égale au maximum des irradiations de qualification standardisées correspondant aux deux familles concernées.

Matériels situés dans la zone verte, indépendamment de la périodicité de remplacement des matériels sensibles

Profil (T)	Conditions normales	BAS-MT	BAS-LT
Dose			
50 Gy	Famille A*	Famille B*	Famille C*
1 kGy	Famille D		
5 kGy	Famille E		
50 kGy	Famille F		

* L'utilisation directe des valeurs du [§ 1.1.1.2.1](#) conduit à une dose de 52,8 Gy. Si on tient compte d'un taux de disponibilité de 90%, ce qui diminue la dose à retenir pour le vieillissement, la dose de qualification de 50 Gy convient.

Matériels situés dans la zone jaune et dont la périodicité de remplacement des composants sensibles est de 10 ans

Profil (T)	Conditions normales	BAS-MT	BAS-LT
Dose			
1 kGy	Familles A, D	Famille B	Famille C
5 kGy	Famille E		
50 kGy	Famille F		

Matériels situés dans la zone jaune et dont les composants sensibles ne sont pas remplacés

Profil (T)	Conditions normales	BAS-MT	BAS-LT
Dose			
5kGy	Familles A, D, E*	Famille B	Famille C
50 kGy	Famille F		

* L'utilisation directe des valeurs du [§ 1.1.1.2.1.](#) et du [§ 1.1.1.2.2.](#) conduit à une dose de 5,35 kGy. Si on tient compte d'un taux de disponibilité de 90%, ce qui diminue la dose à retenir pour le vieillissement, la dose de qualification de 5 kGy convient.

TAB-3.7.1.1.3 EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE PROGRAMMES DE QUALIFICATION STANDARDISÉS ET FAMILLES DANS LE BK

Dans les tableaux suivants, chaque famille est placée dans la case correspondant au programme standardisé minimal permettant de qualifier ses matériels.

Remarques :

- Les doses standardisées indiquées incluent l'irradiation γ et l'irradiation β .
- Pour un matériel ayant une exigence de qualification en température et en irradiation (par exemple C + F), l'irradiation de qualification standardisée à retenir est égale au maximum des irradiations de qualification standardisées correspondant aux deux familles concernées.

Matériels situés dans la zone verte, indépendamment de la périodicité de remplacement des matériels sensibles

Profil (T)	Conditions normales	BK-CT	BK-LT
Dose			
50 Gy	Famille A*	Famille B*	Famille C*
1 kGy	Familles D, E		
20 kGy	Famille F		

* L'utilisation directe des valeurs du [§ 1.1.1.2.1](#) conduit à une dose de 52,8 Gy. Si on tient compte d'un taux de disponibilité de 90%, ce qui diminue la dose à retenir pour le vieillissement, la dose de qualification de 50 Gy convient.

Matériels situés dans la zone jaune et dont la périodicité de remplacement des composants sensibles est de 10 ans

Profil (T)	Conditions normales	BK-CT	BK-LT
Dose			
1 kGy	Familles A, D, E	Famille B	Famille C
20 kGy	Famille F		

Matériels situés dans la zone jaune et dont les composants sensibles ne sont pas remplacés



RAPPORT DE SURETE
— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.1

PAGE 46/55

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

Profil (T)	Conditions normales	BK-CT	BK-LT
Dose			
5kGy	Familles A, D, E	Famille B	Famille C
20 kGy	Famille F		

**FIG-3.7.1.1.1 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LE BÂTIMENT
RÉACTEUR (HORS ACCIDENTS GRAVES)**

□

FIG-3.7.1.1.2 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LE BÂTIMENT
RÉACTEUR EN SITUATIONS D'ACCIDENTS GRAVES

□

**FIG-3.7.1.1.3 CONDITIONS RETENUES POUR LA QUALIFICATION
DES MATÉRIELS PARTICIPANT À L'ÉTANCHÉITÉ DU
CONFINEMENT**

□

□

FIG-3.7.1.1.4 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-CT

□

FIG-3.7.1.1.5 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-MT

□

FIG-3.7.1.1.6 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BR-LT

□

**FIG-3.7.1.1.7 PROFIL DE TEMPÉRATURE ENVELOPPE DANS LES
BAS**

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.1

PAGE 54/55

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.7.1.1.8 PROFIL DE TEMPÉRATURE STANDARDISÉ BK-LT

□

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.1

PAGE 55/55

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIG-3.7.1.1.9 PROFILS (P, T) ENVELOPPES DANS LES CASEMATES
VVP

□

□



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.2

PAGE 1/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

**.3.7.1.2 QUALIFICATION DES EIPS PASSIFS AUX CONDITIONS
ACCIDENTELLES 2**



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.1.2

PAGE 2/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

.3.7.1.2 QUALIFICATION DES EIPS PASSIFS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les conditions accidentelles auxquelles les EIP passifs sont susceptibles d'être soumis sont prises en compte dans leur dimensionnement qui intègre les sollicitations correspondantes.

SOMMAIRE

.3.7.2 DÉMARCHE DE QUALIFICATION DES EIPS VIS-À-VIS DES	
AGRESSIONS	2
1. DÉMARCHE GÉNÉRALE	2
1.1. EIPS CONCERNÉS	2
1.2. CONDITIONS D'AMBIANCE OU SOLLICITATIONS À PRENDRE EN	
COMPTE	2
1.2.1. AGRESSIONS EXTERNES	2
1.2.2. AGRESSIONS INTERNES	2
1.3. VÉRIFICATION DE LA CAPACITÉ À ACCOMPLIR LES FONCTIONS	
DEMANDÉES	2
1.4. DISPOSITIONS PRISES POUR GARANTIR LA PÉRENNITÉ DE LA	
QUALIFICATION	3
2. DÉCLINAISON PAR AGRESSION	3
2.1. AGRESSIONS EXTERNES	3
2.1.1. SÉISME	3
2.1.2. CHUTE D'AVION ACCIDENTELLE	4
2.1.3. RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX	
VOIES DE COMMUNICATION - EXPLOSION EXTERNE	5
2.1.4. INONDATION EXTERNE	6
2.1.5. CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES	6
2.1.6. Foudre et des interférences électromagnétiques	
(IEM)	7
2.1.7. AGRESSIONS SPÉCIFIQUES DE LA SOURCE FROIDE	9
2.2. AGRESSIONS INTERNES	9
2.2.1. FUITES ET RUPTURES DE TUYAUTERIES	9
2.2.2. RUPTURE DE RÉSERVOIRS, POMPES ET VANNES	10
2.2.3. MISSILES	10
2.2.4. COLLISION ET CHUTES DE CHARGE	11
2.2.5. EXPLOSION INTERNE	11
2.2.6. INCENDIE	12
2.2.7. INONDATION INTERNE	12

.3.7.2 DÉMARCHE DE QUALIFICATION DES EIPS VIS-À-VIS DES AGRESSIONS

1. DÉMARCHE GÉNÉRALE

1.1. EIPS CONCERNÉS

Les EIPs susceptibles d'être concernés par la qualification aux conditions d'agression sont ceux :

- valorisés pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche et/ou pour limiter les rejets radioactifs suite à une situation d'agression et pouvant être affectés par l'agression,
- dont la robustesse est valorisée pour éviter qu'ils agressent un matériel à protéger,
- nécessaires pour contrôler les agressions internes et externes (équipements passifs ou actifs).

La démonstration de sûreté associée à chacune des agressions est traitée dans les sous-chapitres 3.3 et 3.4 du Rapport de Sûreté.

Parmi ces EIPs, certains doivent assurer leur fonction en situation d'agression dans des conditions d'ambiance ou de sollicitations différentes de celles qu'ils voient pendant le fonctionnement normal de la tranche. Dans ce cas, ces EIPs font l'objet d'une qualification particulière afin de garantir qu'ils sont aptes à remplir leurs fonctions dans ces conditions d'ambiance ou de sollicitations particulières (2ème cas présenté dans la section 3.7.0).

1.2. CONDITIONS D'AMBIANCE OU SOLLICITATIONS À PRENDRE EN COMPTE

Les conditions d'ambiance ou sollicitations à prendre en compte sont celles qui découlent des conditions d'environnement résultant des agressions internes et externes auxquelles les EIPs concernés sont soumis (cf. [§ 1.1.](#)).

1.2.1. Agressions externes

Pour les agressions externes, un cas de charge peut être défini. Les structures et équipements qui doivent y résister sont ensuite calculés à ce cas de charge. Les niveaux d'aléas à considérer sont définis dans chaque sous-chapitre agression (cf. sous-chapitre 3.3).

1.2.2. Agressions internes

Pour les bâtiments scindés en divisions, la conception des structures des bâtiments vise à circonscrire les conséquences de l'agression interne dans la division concernée. Les EIPs qui contribuent à l'atteinte de cet objectif doivent être qualifiés aux effets de l'agression interne considérée. La sollicitation à prendre en compte pour la qualification dépend du scénario d'agression vu par les EIPs (par exemple, une résistance à une hauteur d'eau donnée).

Dans les cas où la séparation physique n'est pas valorisée, un nombre suffisant de matériels permettant le repli et le maintien en état sûr et/ou limiter les rejets radioactifs doivent continuer à fonctionner en dépit de l'agression. Ils doivent donc être qualifiés aux effets de l'agression s'ils y sont soumis (par exemple, une résistance à l'aspersion). Comme pour les bâtiments scindés en division, certains EIPs peuvent être valorisés pour leur robustesse à l'agression ou pour contrôler l'agression. Ils doivent donc être qualifiés en conséquence s'ils subissent les effets de l'agression.

Les scénarios associés aux agressions internes sont définis dans chaque sous-chapitre agression (cf. sous-chapitre 3.4).

1.3. VÉRIFICATION DE LA CAPACITÉ À ACCOMPLIR LES FONCTIONS DEMANDÉES

Les méthodes suivantes sont utilisées pour prouver la capacité de l'EIPs à accomplir sa fonction dans les conditions d'ambiance ou sous sollicitations résultantes de l'agression :

- qualification par essais : Elle consiste à soumettre un matériel ou produit « modèle » représentatif du matériel installé sur site, aux chargements représentatifs des conditions de fonctionnement dans lesquelles il doit remplir sa fonction de sûreté (par exemple, résistance au feu). Ces essais sont réalisés conformément à des spécifications techniques.
- qualification par analyse : Elle consiste à démontrer par calcul, par expérience d'exploitation, par analogie ou par des méthodes mixtes la bonne qualification d'un équipement (cf. section 3.7.1 du RDS).

Les normes et spécifications techniques européennes, normes françaises et internationales, codes de conception et construction peuvent régir la conception et la fabrication des EIPs.

1.4. DISPOSITIONS PRISES POUR GARANTIR LA PÉRENNITÉ DE LA QUALIFICATION

La qualification initiale vise à démontrer que l'EIPs répond aux exigences de sûreté. Elle doit être préservée tout au long de la vie de l'installation, tant au cours de la fabrication en usine des matériels de la série, que lors du montage ou de l'exploitation sur site afin d'assurer la pérennité de la qualification.

Les spécifications techniques d'EDF visent à préciser les exigences de fabrication des EIPs en lien avec les exigences qui lui sont applicables. Les EIPs sont fabriqués conformément à ces spécifications techniques par des fournisseurs jugés aptes à répondre au besoin exprimé.

La pérennité de la qualification est ensuite préservée lors des phases d'installation et de montages sur site. Des contrôles sont effectués afin de garantir la conformité des produits aux exigences contractuelles. EDF exerce ensuite sa surveillance sur les travaux et essais réalisés sur le site par ses prestataires. En complément des contrôles de fin de montage, certains équipements feront l'objet de revues de conformité sur site afin de vérifier la conformité de l'installation avant démarrage.

En exploitation, la pérennité de la qualification est assurée par le suivi effectué par EDF sur l'installation et qui se traduit par la mise en place de programmes de maintenances adaptés à la nature et à la typologie des équipements ou par la réalisation d'essais.

2. DÉCLINAISON PAR AGRESSION

2.1. AGRESSIONS EXTERNES

2.1.1. Séisme

Les spectres sismiques retenus pour la qualification sont définis dans la section 3.3.2 du rapport de sûreté.

Du fait du caractère global de l'agression, l'ensemble des EIPs valorisés en cas d'agression séisme (cf. section 3.3.2 du Rapport de Sûreté) sont redevables d'une qualification (EIPs cibles à protéger ou potentiellement agresseurs).

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Equipements dont le maintien de la capacité fonctionnelle ou de l'intégrité est nécessaire (dont ceux présentant un risque d'inondation ou d'explosion dont l'intégrité en cas de séisme est valorisée)	Capacité fonctionnelle ou intégrité	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire ou calcul
Equipements actifs dont l'opérabilité est valorisée	Cf. section 3.7.1	
Bâtiments devant abriter des matériels à protéger	Cf. sous-chapitre 3.5	
Equipements présentant un risque d'agression par choc (suite à une chute ou basculement) d'un EIPs à protéger	Stabilité	Calcul a minima
Protections valorisées contre la chute ou le basculement de matériels non classés	Protection de la cible	Calcul
Bâtiments ne devant pas agresser des EIPs à protéger	Stabilité d'ensemble	Calcul
Matériels en limite de volumes de feu de sûreté garantissant la sectorisation incendie	Maintien en place et en bon état pour maintenir les caractéristiques de tenue au feu	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire ou calcul
Portes, calfeutrements de traversées, valorisés pour éviter la propagation d'une inondation	Maintien en bon état pour maintenir les caractéristiques d'étanchéité à l'eau	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire

2.1.2. Chute d'avion accidentelle

Les cas de charge pris en compte pour le dimensionnement de la protection de l'installation contre les chutes d'avion sont présentés dans la section 3.3.3 du Rapport de Sûreté.

Les EIPs valorisés pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche suite à une chute d'avion (et les bâtiments les protégeant) sont redevables d'une qualification (cf. section 3.3.3 du Rapport de Sûreté).

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Equipements nécessaires en cas de chute d'avion (pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche ou appartenant à une disposition agression)	Opérabilité, intégrité ou maintien de la capacité fonctionnelle	Calcul
Bâtiments (ou parties de bâtiments) abritant des cibles à protéger vis-à-vis de la chute d'avion	Cf. sous-chapitre 3.5 du Rapport de Sûreté	

2.1.3. Risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication - explosion externe

Concernant l'explosion externe, le cas de charge standard représentatif de l'onde incidente, retenue pour le dimensionnement, est défini dans la section 3.3.4 du Rapport de Sûreté.

Les EIPs valorisés pour protéger les cibles de sûreté de l'agression (cf. section 3.3.4) sont redevables d'une qualification. Dans le cas où le matériel cible n'est pas protégé par des EIPs, l'équipement cible doit lui-même résister aux effets de l'agression et est donc lui-même redevable d'une qualification.

Aucun EIPs en particulier n'est valorisé pour la gestion du risque d'incendie hors du site ou pour les mouvements de gaz toxiques, corrosifs ou radioactifs.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Portes situées en limite de la zone de protection contre l'onde de pression	Résistance à l'onde de pression empêchant la propagation de l'onde de pression dans la zone à protéger	Calcul
Calfeutrement situés en limite de la zone de protection contre l'onde de pression	Résistance à l'onde de pression empêchant la propagation de l'onde de pression dans la zone à protéger	Analyse
Clapets anti-souffle et autres équipements empêchant la propagation de l'onde de pression à l'intérieur du bâtiment	Opérabilité et/ou résistance à l'onde de pression	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire ou analyse
Bâtiments abritant des cibles à protéger vis-à-vis de l'explosion externe	Cf. sous-chapitre 3.5 du Rapport de Sûreté	
Equipements à protéger vis-à-vis de l'explosion externe soumis à l'onde de surpression	Résistance à l'onde de pression garantissant le bon fonctionnement de l'équipement	Calcul

2.1.4. Inondation externe

Les différents aléas à considérer sont définis dans la section 3.3.5 du Rapport de Sûreté.

Les EIPs valorisés pour garantir le repli et le maintien en état sûr de la tranche suite à une inondation externe sont généralement situés dans les bâtiments classés de sûreté, protégés d'une entrée d'eau grâce à la protection volumétrique. Les éléments constitutifs de la protection volumétrique sont redevables d'une qualification. Les EIPs valorisés pour la gestion de l'inondation externe suite à séisme sont traités dans le [§ 2.1.1.](#)

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Calfeutrements des traversées, joints inter-bâtiments faisant partis de la protection volumétrique	Tenue à la hauteur de colonne d'eau définie en fonction du scénario vu par l'EIPs	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire
Bâtiments abritant des matériels à protéger vis-à-vis de l'inondation externe	Cf. sous-chapitre 3.5 du Rapport de Sûreté	
Digue du canal d'amenée	Tenue de la digue permettant une protection suffisante du site en cas de houle	Calcul de tenue de la digue à la houle et essais en laboratoire

2.1.5. Conditions climatiques extrêmes

Les différents aléas à considérer et les cas de charge relatifs aux agressions climatiques sont définis dans la section 3.3.6 du Rapport de Sûreté. Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.3.6 du Rapport de Sûreté.

2.1.5.1. Grand froid, canicule, neige et vent

Ces agressions sont prises en compte pour le dimensionnement des bâtiments classés de sûreté. Les EIPs valorisés en situation d'agression grand froid sont redevables d'une qualification pour garantir leur aptitude à fonctionner dans la plage de température ambiante potentiellement subie par le matériel.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Bâtiments classés de sûreté	Cf. sous chapitre 3.5 du Rapport de Sûreté	
Calorifugeages	Isolation thermique	Conception selon la norme adaptée
Matériels actifs valorisés en agression grand froid	Aptitude à fonctionner dans la plage de température ambiante	Analyse a minima

2.1.5.2. PGVE

Pour l'agression « projectiles générés par le vent », la plupart des matériels à protéger sont situés à l'intérieur des bâtiments classés de sûreté. Pour les matériels cibles situés en extérieur, leur tenue intrinsèque ou celles de leurs protections est valorisée.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Bâtiments classés de sûreté	Cf. sous chapitre 3.5 du Rapport de Sûreté	
Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Portes, grilles, structures de protection des échappements diesels	Tenue structurelle	Calcul
Equipements cibles situés en extérieur (grilles de pré-filtration, silencieux VDA...)	Maintien de la fonction	Calcul

2.1.6. Foudre et des interférences électromagnétiques (IEM)

La caractérisation de l'agression foudre est donnée dans la section 3.3.7 du Rapport de Sûreté.

Les EIPs valorisés pour protéger les cibles de sûreté de l'agression (cf. section 3.3.7) sont redevables d'une qualification. Dans le cas où le matériel cible n'est pas protégés par des EIPs, l'équipement cible doit lui-même résister aux effets de l'agression et est donc lui-même redevable d'une qualification.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Cage maillée des bâtiments abritant des cibles à protéger vis-à-vis de la foudre et réseau de terre (dont les chambres de contrôle assurant l'interconnexion du système de capture avec le réseau enterré)	Evacuation de l'énergie générée par un impact de foudre	Dimensionnement suivant la norme NF EN 62561 ou EN 62305-3 Contrôle de la continuité du ferrailage via des spécifications de mise en œuvre ou mesures
Eléments de captures (Paratonnerres et conducteurs de descente)	Evacuation de l'énergie générée par un impact direct de foudre	Dimensionnement selon la norme NF EN 62561

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Parafoudres	Limitation des surtensions et écoulement des courants de foudre	Dimensionnement selon la norme NF EN 61643 (parafoudres sur les liaisons basses et très basses tensions) et NF EN 60099 (parafoudres haute tension)
Matériels électriques ou électroniques à protéger d'une perturbation électromagnétique	Aptitude à fonctionner sans dégradation de qualité en présence d'une perturbation électromagnétique	Essais selon les normes CEI 61000-4-5, 61000-4-12 et 61000-4-18.

2.1.7. Agressions spécifiques de la source froide

Des dispositifs de filtration sont valorisés pour protéger les matériels cibles vis-à-vis de l'agression « Arrivée Massive de Colmatant » (cf. section 3.3.8. du Rapport de Sûreté). Ces équipements sont soumis en situation d'agression à des sollicitations mécaniques plus importantes qu'en fonctionnement normal. La tenue structurelle des organes de filtrations (filtres et grilles de pré-filtration) est garantie jusqu'à un niveau de perte de charge correspondant au déclenchement des pompes de production. Les organes de filtrations doivent donc être qualifiés afin de garantir leur tenue structurelle jusqu'à ce niveau de perte de charge.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Filtres et grilles de pré-filtrations	Tenue structurelle à la perte de charge générée par une arrivée massive de colmatants	Calcul

2.2. AGRESSIONS INTERNES

2.2.1. Fuites et ruptures de tuyauteries

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.2 du Rapport de Sûreté. Les EIPs suivants sont valorisés pour la gestion de l'agression fuite et rupture de tuyauterie et sont à ce titre redevables d'une qualification particulière :

- EIPs dont la robustesse est valorisée pour éviter ou limiter l'agression de matériels cibles en limitant les effets des forces d'effets de jets, de fouettement de tuyauterie, de réaction, d'onde de pression et de débit d'une RTHE (ex : dispositifs anti fouettement, supports et points fixes),
- EIPs dont l'intégrité et la capacité fonctionnelle doit être maintenue pour :
 - éviter la propagation de pression dans des locaux non dimensionnés à la tenue aux surpressions (ex : porte, traversée enceinte),
 - pour abaisser la température et/ou la pression dans les locaux (par exemple : Membranes d'éclatement, disques de ruptures).
- EIPs dont l'opérabilité doit être assurée en présence de conditions de pressions et températures dégradées.

Les EIPs valorisés pour la gestion des conséquences de la fuite (inondation) de tuyauteries sont traités dans le [§ 2.2.7.](#)

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Equipements actifs soumis à des conditions de pressions et températures	Opérabilité	Cf. qualification aux conditions d'ambiance accidentelle (section 3.7.1.)

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Portes	Maintien de l'intégrité et résistance aux forces de pression	Calcul
	Evacuation de la pression	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire
Dispositifs anti fouettement, supports et points fixes	Tenue aux efforts dus aux forces de fouettement	Calcul
Membranes d'éclatement, disques de convection et de ruptures	Effacement sous la pression ou la température	Calcul
Traversées enceinte haute énergie EPP (double-enveloppe)	Maintien de l'intégrité et tenue aux efforts associés à la RTHE pour éviter la pressurisation et/ ou la montée en température dans le HRB	Calcul
Trémies et calfeutrement de traversées	Maintien de l'intégrité sous pression et tenue aux forces de surpression	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire
	Evacuation de la pression	Calcul hydraulique
Joints	Maintien de l'intégrité sous pression et tenue aux forces de surpression	Essai sur matériel type en usine ou laboratoire

2.2.2. Rupture de réservoirs, pompes et vannes

Cette agression est traitée dans la section 3.4.3 du Rapport de Sûreté. Les conséquences des ruptures de ces équipements sont traitées dans les sections 3.4.4 pour le risque missile et 3.4.8 pour le risque d'inondation induite. La qualification des EIPs nécessaires pour la gestion de cette agression est traitée aux [§ 2.2.3.](#) et [§ 2.2.7.](#)

2.2.3. Missiles

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.4. du Rapport de Sûreté.

Les barrières et les structures dont la résistance aux missiles est valorisée doivent être conçues pour résister à l'impact du missile afin d'éviter des dommages sur les EIPs à protéger. A ce titre, ces structures doivent être qualifiées pour résister à l'énergie cinétique reçue par l'émission d'un missile donné. Les équipements valorisés pour la gestion de l'agression « missiles » peuvent être soumis à la même ambiance que suite à une RTHE. Cette situation est traitée au [§ 2.2.1.](#)

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Barrières et structures valorisées pour la protection contre les missiles	Non perforation	Calcul

2.2.4. Collision et chutes de charge

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.5 du Rapport de Sûreté. Les systèmes ou structures valorisés doivent résister à la force de tamponnement ou de chute et doivent être qualifiés.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Structures bétons et autres équipements valorisés pour limiter une zone de survol	Résistance à la force de tamponnement et de chute	Calcul

2.2.5. Explosion interne

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.6 du Rapport de Sûreté.

Une explosion interne peut être générée par un défaut intrinsèque d'une bouteille de gaz sous pression ou par un dégagement au niveau d'un organe à caractère démontable sur un circuit à risque explosion. Elle peut être également générée par une agression de capacité sous pression par un incendie ou suite à une agression de circuit à risque par séisme, incendie, rupture de tuyauterie haute énergie, projectiles générés par le vent ou foudre. Dans ce cas, la qualification des EIPs valorisés pour éviter une explosion induite est traitée dans les paragraphes où sont traitées les agressions à l'origine de l'explosion (cf. [§ 2.1.1.](#) pour l'agression séisme, cf. [§ 2.1.5.2.](#) pour l'agression PGVE, cf. [§ 2.1.6.](#) pour l'agression foudre, cf. [§ 2.2.1.](#) pour l'agression RTHE et cf. [§ 2.2.6.](#) pour l'agression incendie). Dans le cas d'une explosion avérée, la tenue structurelle des éléments garantissant l'absence de propagation à un autre train (dont les éléments de sectorisation de sûreté incendie) doit être garantie. A ce titre, ces EIPs doivent être qualifiés vis-à-vis de cette sollicitation.

L'onde générée par l'explosion d'un cadre d'hydrogène est couverte par l'onde de référence retenue pour l'agression explosion externe (cf. [§ 2.1.3.](#)).

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Éléments garantissant l'absence de propagation de l'onde d'explosion à un autre train et éléments de sectorisation de sûreté incendie exposés à une explosion interne	Maintien de l'intégrité et de la stabilité des éléments	Calcul

2.2.6. Incendie

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.7 du Rapport de Sûreté.

Les EIPs valorisés pour éviter la propagation d'un incendie à plusieurs volumes de feu de sûreté ou pour protéger d'autres EIPs (cf. section 3.4.7 du Rapport de Sûreté) sont redevables d'une qualification particulière de résistance au feu.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Portes, joints, calfeutrements de travées, siphons de sol, chatières, gaines de ventilation en limite de volume de feu de sûreté, soustracteurs de charge calorifique.	Résistance au feu	Essais sur matériels type en usine ou laboratoire
Enveloppes fonctionnelles de chemin de câbles, caissons coupe-feu	Résistance au feu garantissant le fonctionnement des matériels protégés	Essais sur matériels type en usine ou laboratoire
Voiles bétons et structures métalliques en limites de volume de feu de sûreté	Résistance au feu	Cf. Sous-chapitre 3.5. du RDS
Clapets coupe-feu	Opérabilité en cas d'incendie et résistance au feu	Essais sur matériels type en usine ou laboratoire
Détecteurs incendie	Opérabilité en cas d'incendie	Conception selon la norme adaptée

2.2.7. Inondation interne

Les parades valorisées vis-à-vis de cette agression sont présentées dans la section 3.4.8 du Rapport de Sûreté.

Dans les bâtiments scindés en division, des EIPs sont valorisés pour éviter la propagation d'une inondation à plusieurs trains de sûreté. Le requis en terme de qualification peut se traduire par une étanchéité à une hauteur d'eau qui dépend du scénario d'inondation.

Lorsque le bâtiment n'est pas scindé en division ou lorsque cette séparation n'est pas suffisante pour garantir les objectifs de sûreté, une résistance des EIPs à l'aspersion ou à l'immersion peut être valorisée.

Les équipements actifs valorisés pour arrêter une inondation sont généralement situés en dehors de la zone inondable considérée. Les capteurs de détection d'une inondation peuvent subir une aspersion et sont donc redevables d'une qualification.

Les scénarios d'inondation interne et les EIPs valorisés sont présentés dans la section 3.4.8 du Rapport de Sûreté.

Principaux EIPs concernés	Fonction demandée en situation d'agression	Méthode de qualification
Portes, joints, calfeutrements de traversées, trémies, siphons de sol	Tenue à la hauteur de colonne d'eau en fonction du scénario	Contrôle par essai sur matériel type en usine ou laboratoire
Seuils	Eviter la propagation d'une inondation entre deux zones	Calcul
Matériels électromécaniques devant résister à l'aspersion	Opérabilité	Conception selon la norme CEI60529 ou qualification aux conditions accidentelles (cf. section 3.7.1)
Membrane d'éclatement	Effacement sous la pression de la hauteur de colonne d'eau	Calcul hydraulique



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.3

PAGE 1/2

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.7.3 QUALIFICATION DES EIPS DU NOYAU DUR 2

.3.7.3 QUALIFICATION DES EIPS DU NOYAU DUR

La qualification du noyau dur est traitée au chapitre 21 du rapport de sûreté.



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.4

PAGE 1/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.3.7.4 QUALIFICATION DES EIPR.	2
LISTE DES REFERENCES.	3

.3.7.4 QUALIFICATION DES EIPR

Selon les conclusions du sous-chapitre 3.8 (Risques classiques d'origine non nucléaire), seul le scénario de déversement de substances liquides nécessite la mise en place de moyen de maîtrise des risques classiques (EIPR). Les EIPR de Flamanville 3 peuvent être catégorisés en deux familles :

- puisards et rétentions ultimes,
- accessoires en limite de rétentions ultimes, assurant la fonction de confinement en cas de déversement accidentel de substances dangereuses et/ou radioactives.

La qualification des EIPR de l'EPR de Flamanville 3 est démontrée par les contrôles effectués dans le cadre de l'application de la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base [Réf \[1\]](#).

Ces contrôles garantissent la conformité des EIPR de l'EPR de Flamanville 3 par rapport aux exigences de cette décision, notamment :

- Exigences de conception :
 - Le dimensionnement adéquat des rétentions (article 4.3.1, II),
 - Le maintien fermé des dispositifs de vidange des capacités de rétention (article 4.3.1, V),
 - La résistance physique des rétentions (article 4.3.1, VI),
 - L'étanchéité des contenants doit pouvoir être contrôlée (article 4.3.1, VII),
 - Le respect des règles d'association à une même capacité de rétention pour les substances dangereuses incompatibles entre elles (article 4.3.1, VIII),
- Exigences d'exploitation :
 - Le maintien des volumes de rétention disponibles (article 4.3.1, III),
 - Le maintien des rétentions suffisamment propres et étanches (article 4.3.1, IV),
 - L'étanchéité des contenants doit pouvoir être contrôlée (article 4.3.1, VII),
 - L'étanchéité ou la collecte d'éventuelles fuites de toutes les canalisations de transfert des effluents (article 2.3.1),
 - Les contrôles et la maintenance des éléments importants pour la protection (article 4.3.4, I et II).

La documentation d'exploitation permet de justifier la pérennité de la qualification en exploitation. La fabrication, l'installation et la mise en service de l'EIPR s'appuient sur des spécifications techniques générales rédigées par EDF et relatives à un type d'équipement (ex : vanne).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 7.4

PAGE 3/3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES REFERENCES

[1] Décision n°2013-DC-0360 de l’Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l’impact sur la santé et l’environnement des installations nucléaires de base

SOMMAIRE

.3.8 RISQUES CLASSIQUES D'ORIGINE NON NUCLÉAIRE	4
1. EXIGENCES	4
1.1. TEXTES REGLEMENTAIRES APPLICABLES	4
1.1.1. TEXTES ISSUS DE LA RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX INB	4
1.1.2. TEXTES ISSUS DE LA RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX ICPE	4
1.2. OBJECTIF ET PERIMÈTRE DE L'ÉTUDE	4
2. DÉMARCHE DE L'ETUDE DES RISQUES CONVENTIONNELS	5
2.1. DÉFINITIONS	5
2.2. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE RISQUES CONVENTIONNELS	7
2.2.1. IDENTIFICATION DES INSTALLATIONS OBJET DE L'ÉTUDE, DES POTENTIELS DE DANGERS ET DE L'ENVIRONNEMENT	7
2.2.2. ANALYSE DU RETOUR D'EXPÉRIENCE	8
2.2.3. DÉROULEMENT DE L'ANALYSE DE RISQUE	8
3. ETUDE DU RETOUR D'EXPÉRIENCE	12
3.1. ANALYSE DU REX DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN EXPLOITATION D'EDF	12
3.1.1. PROCESSUS REX AU SEIN D'EDF	12
3.1.2. ANALYSE DU REX INTERNE	12
3.2. ANALYSE DU REX EXTERNE	13
4. APPLICATION DE LA DÉMARCHE À L'EPR FLAMANVILLE 3	14
4.1. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE	14
4.1.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN	14
4.1.2. ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET VOIES DE COMMUNICATION	14
4.1.3. ENVIRONNEMENT NATUREL	14
4.2. ANALYSE DES RISQUES CONVENTIONNELS	14
4.2.1. ANALYSE DES EFFETS DES AGRESSIONS EXTERNES	15
4.2.2. ANALYSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES	21
5. DISPOSITIONS PRISES AU TITRE DE LA ROBUSTESSE	36
5.1. DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE PRÉVENTION ET DE RÉDUCTION DES RISQUES DE NATURE NON RADIOLOGIQUE	36

5.1.1. DISPOSITIONS MATÉRIELLES	37
5.1.2. DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES	37
5.2. PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DES SYSTÈMES DE	
SURVEILLANCE ET DES DISPOSITIFS ET MOYENS DE SECOURS	38
5.2.1. MESURES SPÉCIFIQUES À LA GESTION DES INCENDIES . .	38
5.2.2. MESURES SPÉCIFIQUES À LA GESTION DU RISQUE DE	
DÉVERSEMENT DE SUSBTANCES DANGEREUSES	38
5.2.3. MESURES DE SPÉCIFIQUES À LA GESTION DU RISQUE	
D'INCOMPATIBILITÉ DES PRODUITS	39
5.2.4. MESURES DE PRÉVENTION POUR LA GESTION DU RISQUE DE	
DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE DE PRODUITS DANGEREUX . .	40
5.2.5. MESURES POUR LA GESTION DU RISQUE EXPLOSION . .	41
5.2.6. MESURES DE PRÉVENTION POUR LA GESTION DU RISQUE	
MISSILE TURBINE	43
6. CONCLUSION GÉNÉRALE SUR LE NIVEAU DE RISQUE DES	
INSTALLATIONS OBJET DE L'ÉTUDE	45
LISTE DE RÉFÉRENCES	46

TABLEAUX :

TAB-3.8.1 CORRESPONDANCE QUALITATIVE VIS-À-VIS DU NIVEAU DE PROBABILITÉ	48
TAB-3.8.2 CLASSES DE GRAVITÉ SUR LE PLAN HUMAIN	49
TAB-3.8.3 ANALYSE DES RISQUES CONVENTIONNELS	50

FIGURES :

FIG-3.8.1 CHEMINS D'ATTEINTE DES CIBLES POTENTIELLES	68
FIG-3.8.2 PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE	69
FIG-3.8.3 DIAGRAMME MÉTHODOLOGIQUE DE DÉROULEMENT DE L'ANALYSE DE RISQUES CONVENTIONNELS	70
FIG-3.8.4 MATRICE PROBABILITÉ-GRAVITÉ	71

.3.8 RISQUES CLASSIQUES D'ORIGINE NON NUCLÉAIRE

1. EXIGENCES

L'analyse des risques conventionnels présentée dans ce chapitre a pour objet d'évaluer les conséquences non radiologiques des situations d'accident envisagées sur l'INB, en réponse aux exigences de l'article R.593-18 du Code de l'Environnement et en cohérence avec la réglementation relative aux INB.

1.1. TEXTES REGLEMENTAIRES APPLICABLES

1.1.1. Textes issus de la réglementation relative aux INB

Les textes réglementaires traitant des exigences relatives à la maîtrise des risques d'origine non radiologique sont :

- Le code de l'Environnement : prévention des pollutions, des risques et des nuisances,
- L'arrêté du 07 février 2012 fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base,
- La décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des Installations Nucléaires de Base homologuée par l'arrêté du 9 août 2013, modifiée par la décision n° 2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016 homologuée par l'arrêté du 5 décembre 2016.

1.1.2. Textes issus de la réglementation relative aux ICPE

Bien que non directement applicables aux INB, les textes issus de la réglementation applicable aux ICPE et qui peuvent servir d'appui à la présente étude des risques d'origine non radiologique sont :

- L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation,
- La circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

1.2. OBJECTIF ET PERIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Ce sous-chapitre présente l'étude de risques conventionnels, analysant les conséquences des accidents de nature non radiologique, induits par l'exploitation de l'Installation Nucléaire de Base de la tranche 3 du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Flamanville (INB 167). Il comporte l'analyse de risques des sources potentielles de dangers internes de l'installation, et l'étude de l'acceptabilité des risques vis-à-vis des intérêts protégés.

L'acceptabilité d'un risque est appréciée :

- D'abord en termes de gravité,
La gravité est déterminée par la combinaison de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans la zone exposée à ces effets, en tenant compte si besoin de la cinétique du phénomène. L'appréciation de la gravité est faite sur la base de l'annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#), exposée en [TAB-3.8.2](#). L'intensité des effets d'un accident non radiologique est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile pour les hommes et les structures, sur la base de l'annexe 2 de l'arrêté.

- Ensuite en termes de probabilité d'occurrence, si une classe de gravité est identifiée. Dans le cas où l'acceptabilité ne peut être démontrée par le seul paramètre gravité, celle-ci est prononcée au regard de l'analyse des couples (Probabilité, Gravité). La probabilité est alors déterminée à l'aide de l'échelle de probabilité de 5 classes utilisée dans le cadre des ICPE, exposée en [TAB-3.8.1](#).

Selon l'acceptabilité du risque, des mesures de maîtrise de risques sont identifiées. Parmi les mesures de maîtrise des risques potentiellement identifiées, celles strictement nécessaires à la démonstration de sûreté constituent des Equipements et Activités Importants pour la Protection des intérêts (EIP et AIP). Les fonctions portées par ces mesures ne doivent pas être remises en cause par les initiateurs et effets associés aux scénarios retenus. Les mesures ainsi identifiées doivent faire l'objet d'un suivi en exploitation permettant d'assurer leurs fonctions de sûreté. Les autres mesures de maîtrise des risques sont identifiées au titre d'une démarche de défense en profondeur, en [§ 5](#).

L'étude des risques conventionnels porte sur les risques que présentent les équipements de l'INB objets de la démonstration de sûreté.

Les autres installations présentes sur le CNPE ne font pas directement l'objet de l'étude, mais sont néanmoins considérées dans le périmètre de l'étude dans la mesure où elles peuvent interagir, en cas d'accident, avec les installations objet de l'étude et générer des conséquences vis-à-vis des intérêts protégés.

Les différents effets considérés sont détaillés dans la figure .

Les cibles potentielles peuvent être atteintes :

- (1) par les effets associés aux risques intrinsèques aux installations objet de l'étude,
- (2) par les effets associés aux risques présentés par d'autres installations du CNPE sur les installations objet de l'étude,
- (3) par les effets associés aux risques provenant d'une source d'événements externes au CNPE sur les installations objet de l'étude. Les sources d'événements externes correspondent aux phénomènes naturels (foudre, neige, vent, inondation, séisme, ...), aux voies de communication et à l'environnement industriel à proximité du CNPE.

Les intérêts protégés sont définis à l'article L593-1 du code de l'environnement et sont situés au-delà des limites du site sur lequel est implantée l'INB objet de l'étude.

Les cibles considérées dans cette étude sont l'environnement naturel et l'environnement humain.

L'étude ne traite pas des rejets en exploitation normale de l'installation et de leurs impacts chroniques sur les intérêts, ni des risques pour les travailleurs.

La figure illustre le périmètre de l'étude.

En tant qu'équipement nécessaire au fonctionnement de l'EPR Flamanville 3, le Centre de Crise Local est intégré en partie dans l'analyse de risque conventionnel objet de ce sous-chapitre. L'analyse complète est réalisée dans l'étude de dangers conventionnels de Flamanville 1-2.

2. DÉMARCHE DE L'ETUDE DES RISQUES CONVENTIONNELS

2.1. DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont précisées afin de faciliter la compréhension des différentes notions utilisées dans la suite du texte. Elles sont issues de la réglementation précédemment citée.

Risque :

“Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences” (ISO/CEI 73), “Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité” (ISO/CEI 51) : Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. Dans le contexte propre au risque technologique, le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur les éléments vulnérables. Le risque peut être décomposé selon les différentes combinaisons de ses trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité.

Phénomène dangereux (ou phénomène redouté) :

Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages » (ISO/CEI 51).

Un phénomène est une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger, la concrétisation d'un aléa. Ce terme décrit les caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques, ... : flux thermique, concentration toxique, surpression, etc.

Ne pas confondre avec « accident » : un phénomène produit des effets alors qu'un accident entraîne des conséquences/dommages.

Source potentielle de danger :

Une source potentielle de danger est définie comme une substance, un système technique, une disposition susceptible d'être à l'origine d'un dommage qui affecte un élément vulnérable.

Cibles potentielles :

Les cibles potentielles sont les « éléments vulnérables » qu'il est nécessaire de protéger contre les effets des phénomènes dangereux. Dans la présente étude, les cibles potentielles sont les intérêts à protéger au sens de l'article L593-1 du code de l'Environnement, à savoir la santé, la sécurité et la salubrité publiques, la protection de la nature et de l'environnement. Ces intérêts peuvent être menacés si des conséquences inacceptables associées aux accidents atteignent des cibles potentielles. Les cibles potentielles sont donc assimilées aux personnes du public au-delà de la limite du site et à l'environnement naturel.

Effet domino :

L'effet domino correspond à l'action d'un phénomène dangereux affectant une installation qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation voisine, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène. L'effet domino est un accident initié par un autre accident.

Intensité des phénomènes dangereux :

Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections), parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux. Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou cibles] tels que les « Hommes », et les « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non de cibles exposées. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Gravité :

On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition de cibles de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des cibles potentiellement exposées.

Exemple d'intensité (ou gravité potentielle) : le flux thermique atteint la valeur du seuil d'effet thermique létal à 50 mètres de la source du flux.

Exemple de gravité : 3 morts et 16 blessés grièvement brûlés par le flux thermique.

Scénario d'accident :

Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

UVCE :

Unconfined Vapor Cloud Explosion — explosion de gaz à l'air libre.

Le vocabulaire distingue, selon les effets produits, l'UVCE du Flash fire ou Feu de nuage . De manière générale, le terme UVCE s'applique lorsque des effets de pression sont observés, alors que le terme Flash fire, avec des effets thermiques est réservé aux situations où la combustion du nuage ne produit pas d'effets de pression. Cependant il s'agit dans les deux cas du même phénomène physique, à savoir la combustion d'un mélange inflammable.

2.2. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE RISQUES CONVENTIONNELS

L'étude est basée sur une approche en plusieurs étapes résumées en figure .

2.2.1. Identification des installations objet de l'étude, des potentiels de dangers et de l'environnement

2.2.1.1. Identification des installations objet de l'étude et des potentiels de dangers associés

L'identification des installations et potentiels de dangers est effectuée à partir :

- Du recensement des installations du CNPE de Flamanville 3 pouvant présenter une source potentielle de dangers.
- Du recensement et de la localisation des produits Dangereux compilés dans le cadre des études de conception de la tranche, de descriptions des systèmes (Dossiers de Systèmes Élémentaires) et des études de conformité des installations à la réglementation (comme les Etudes de Risque Incendie par exemple...).

Cette identification est présentée dans les notes [Réf \[8\]](#) et [Réf \[11\]](#).

2.2.1.2. Analyse de l'environnement extérieur

La description de l'environnement extérieur au CNPE consiste :

- A décrire et localiser l'environnement industriel et les voies de communication ; ces éléments permettent d'identifier la présence potentielle de Tiers, et sont aussi utilisés dans le cadre de l'analyse des événements externes (en tant qu'agresseurs potentiels).
Les événements externes peuvent engendrer des effets de surpression, des effets thermiques, d'effets de projectiles. Les effets toxiques ne sont pas considérés car ils ne génèrent pas d'effets sur les structures des installations objet de l'étude et ne répondent pas à la définition d'un effet domino (i.e. action d'un phénomène dangereux affectant une installation qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation voisine, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène. Un nuage toxique peut cependant générer des effets sur les opérateurs qui a fortiori pourrait engendrer des erreurs opératoires dans les parties extérieures des bâtiments (dépotage de produits, manutention ...).

- A décrire les événements externes liés aux phénomènes naturels : séisme, foudre, inondation externe, feux de forêts et conditions climatiques extrêmes. L'analyse consiste à examiner la conformité des installations aux règles fixant les dispositions de maîtrises de risques à prendre en compte vis-à-vis de ces phénomènes. Lorsque la conformité est établie, l'effet est réputé maîtrisé et l'évènement externe n'est pas considéré comme initiateur d'effet.
- A décrire et localiser l'environnement humain et l'environnement naturel ; ces éléments sont utilisés pour identifier les cibles potentielles afin d'évaluer la gravité des conséquences.

2.2.2. Analyse du retour d'expérience

Le retour d'expérience (REX) consiste à structurer la collecte et l'exploitation d'informations sur des événements passés concernant des installations utilisant les mêmes types de produits ou des procédés, afin d'en tirer des enseignements pour l'amélioration de la conception et des modes d'exploitation. Dans le cadre de l'étude, il permet d'alimenter l'analyse de risque dans l'identification des scénarios enveloppe notamment. L'analyse du REX comporte :

- Une analyse du REX « externe » : examen du REX provenant d'installations utilisant les mêmes types de produits ou de procédés que ceux d'un CNPE. Ce REX est établi grâce à l'utilisation de la base de données du Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles (BARPI) du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).
- Une analyse du REX EDF : description du processus de REX pour les 58 réacteurs composant le parc électronucléaire français d'EDF, présentation des conclusions de l'examen du REX interne sur la base de quelques exemples concrets.

Parmi les domaines faisant l'objet de REX « interne » EDF (sûreté, radioprotection, environnement et transport de matières radioactives), seuls les événements relatifs à l'environnement et à la sûreté présentent un intérêt pour l'étude.

Différentes catégories d'événements sont définies afin de caractériser les éléments pouvant générer un incident :

- Evénement significatif : événement donnant lieu à une déclaration auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et à une analyse approfondie,
- Evénement intéressant : événement dont l'importance immédiate ne justifie pas une analyse individuelle mais qui peut présenter un intérêt dans la mesure où son caractère répétitif pourrait être le signe d'un problème nécessitant une analyse approfondie.

Dans le cadre de l'étude, les événements analysés sont les Evénements Significatifs Environnement (ESE), les Evénements Intéressants l'Environnement (EIE) et les Evénements Significatifs Sûreté (ESS).

L'analyse du REX donne ainsi des éléments complémentaires à la poursuite de l'analyse de risques en fournissant les causes et conséquences des événements, ainsi que des indications sur l'efficacité des dispositions d'intervention et actions correctives prises.

2.2.3. Déroulement de l'analyse de risque

2.2.3.1. Méthodologie générale d'analyse de risques

L'analyse des risques est effectuée graduellement :

- L'analyse préliminaire des risques crible les installations pour identifier les événements redoutés et phénomènes dangereux associés pouvant conduire à des effets sur les intérêts protégés, selon une méthode systématique et semi-quantitative. Cette analyse préliminaire est réalisée sans la prise en compte de mesure de maîtrise de risques. A ce stade, les scénarios enveloppe sont identifiés pour une analyse plus approfondie,
- L'analyse approfondie des risques est réalisée pour les potentiels de dangers retenus suite au criblage précédent via les études existantes (études des rejets en cas d'incendie, études

agressions...). Les scénarios enveloppes sont alors quantifiés. La quantification permet de statuer sur l'acceptabilité des risques. Si l'analyse conduit :

- à un risque acceptable : la démonstration sur les intérêts à protéger est assurée, sans valorisation de mesures de maîtrise des risques. Les dispositions existantes au titre de la robustesse viennent renforcer la maîtrise du risque.
 - à un risque tolérable : une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.
 - à un risque inacceptable : des moyens de prévention ou de mitigation sont à envisager.
- L'analyse approfondie des risques, qui va quantifier en terme de gravité et si nécessaire en terme de probabilité, les scénarios enveloppe pour lesquels l'impact sur les intérêts n'a pu être déterminé par l'analyse des études existantes. L'analyse de l'acceptabilité est réalisée de la même façon, et conduit à l'identification de moyen de prévention ou de mitigation si le risque est inacceptable. Si le risque est acceptable, la démonstration sur les intérêts à protéger est assurée.

2.2.3.2. Analyse des scénarios enveloppe

Les analyses approfondie et détaillée des risques permettent de déterminer l'acceptabilité des scénarios enveloppe en :

- déterminant les causes pouvant être à l'origine du phénomène dangereux, y compris par l'examen des effets domino potentiels et les éventuels effets des phénomènes dangereux associés, compte-tenu d'hypothèses plausibles,
- évaluant leurs conséquences par le calcul de l'intensité des effets et la détermination de la gravité d'un scénario, puis si besoin, un niveau de probabilité d'occurrence du scénario.

2.2.3.2.1. Détermination de l'intensité des effets

Les distances d'effets sont calculées pour les intensités définies dans l'annexe 2 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#). Elles sont calculées par typologie d'effets : effets toxiques, effets de surpression, et effets thermiques pour l'homme et les structures.

Les seuils correspondant aux effets de surpression sur l'homme sont :

- Seuil des Effets Irréversibles (SEI) : 50 mbar,
- Seuils des Effets Létaux (SEL) : 140 mbar,
- Seuils des Effets Létaux Significatifs (SELS) : 200 mbar.

Le seuil des effets de surpression à partir duquel les effets dominos sont étudiés est de 200 mbar.

Les seuils correspondant aux effets thermiques sur l'homme sont :

- Seuil des Effets Irréversibles (SEI) : 3 kW/m²,
- Seuils des Effets Létaux (SEL) : 5 kW/m²,
- Seuils des Effets Létaux Significatifs (SELS) : 8 kW/m².

Le seuil des effets thermiques à partir duquel les effets dominos sont étudiés est de 8 kW/m².

Pour les seuils liés aux effets toxiques pour l'homme par inhalation, conformément aux études de dangers réalisés pour les ICPE, les seuils des effets irréversibles (SEI), les seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une concentration létale de 1% et les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une concentration létale de 5% sont considérés.

La gravité peut ensuite être évaluée en fonction des éléments vulnérables présents dans les zones d'effets, en tenant compte si besoin de la cinétique du phénomène.

2.2.3.2.2. Analyse de la gravité des effets des phénomènes dangereux

2.2.3.2.2.1. Détermination de la gravité des conséquences pour l'homme

Les phénomènes dangereux qui peuvent avoir des conséquences pour l'homme sont :

- les incendies, avec l'émission d'un flux thermique et la dispersion d'un nuage de fumées toxiques,
- l'explosion, avec l'émission d'un flux thermique ou d'une onde de surpression,
- et les rejets toxiques provenant de stockage de substances dangereuses et volatiles.

Par analogie avec la réglementation ICPE, l'intensité des effets est définie par rapport à des valeurs de référence, issues de l'annexe 2 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#). Le niveau de gravité des conséquences est ensuite évalué à l'aide du tableau [TAB-3.8.2](#) issu du même arrêté.

Conformément aux orientations de la circulaire du 10 mai 2010 [Réf \[5\]](#), la délimitation du périmètre d'exposition au risque d'une explosion se basera essentiellement sur les effets thermiques et les effets de surpression. Les effets de projections à une distance lointaine ne seront pas pris en compte dans la détermination de la gravité du phénomène, l'état des connaissances scientifiques ne permettant pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes. Les effets dominos, dans un périmètre plus restreint, sont pris en compte.

Concernant les effets toxiques ou radiologiques sur l'environnement par voie eau, il n'existe pas de seuil quantitatif de référence. La gravité potentielle des conséquences sur l'environnement par voie eau est donc évaluée de manière qualitative et proportionnée à la dangerosité des substances liquides accidentellement déversées. La maîtrise des risques est, dans ce cas, démontrée à travers la mise en place de dispositifs adaptés.

2.2.3.2.2.2. Analyse de la gravité des effets d'un déversement de substances dans l'environnement

Le risque concerné est le déversement de substances suite à une perte de confinement.

En l'absence de seuil de référence pour évaluer les conséquences d'un déversement de substance dangereuse liquide dans l'environnement, tout déversement accidentel dans l'environnement est considéré comme inacceptable.

Dans l'analyse de risques, les sources de dangers étudiées sont l'ensemble des entreposages, des circuits et des chargements contenant des substances dangereuses dont le volume est supérieur à 30 litres [Réf \[6\]](#). L'impact radiologique lié à un déversement de liquide radioactif est pris en compte dans cette famille de risques

2.2.3.2.2.3. Analyse des effets dominos

Les effets dominos potentiels sont évalués quantitativement sur la base des résultats des modélisations effectuées. Sur la base des seuils de référence (des effets thermiques, de surpression et effets liés à l'impact d'un projectile) définis dans l'arrêté [Réf \[4\]](#), la possibilité de propagation d'un phénomène dangereux est évaluée.

2.2.3.2.3. Estimation de la probabilité

Cette approche vise à déterminer et à coter la probabilité d'occurrence des scénarios.

Le tableau [TAB-3.8.1](#) donne l'échelle de niveaux de probabilité d'occurrence utilisée.

Le niveau de probabilité varie du niveau A (Probabilité 10^{-1}), événement courant au niveau E (10^{-5}), événement possible mais extrêmement peu probable.

2.2.3.2.4. Synthèse de l'acceptabilité des scénarios

La criticité d'un scénario est déterminée en considérant le couple probabilité/gravité suivant la matrice, présentée en figure . Cette matrice est issue de l'arrêté [Réf \[4\]](#).

Cette grille fait apparaître trois zones de risque accidentel :

- Une zone de risque élevé, zone rouge, où le risque est considéré comme inacceptable. Il est alors impératif de prendre des mesures de réduction du niveau de risque,
- Une zone de risque intermédiaire, zone orange, où le risque est tolérable mais dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente à mettre en oeuvre, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation,
- Une zone où le risque est acceptable en l'état, zone verte.

Dans le cas où, le risque pour les cibles potentielles n'est pas acceptable, il faudra réaliser une identification et valorisation de dispositions de maîtrise des risques (prévention, surveillance, mitigation) en vue de diminuer l'occurrence et/ou les conséquences du scénario d'accident. Ces dispositions de maîtrise des risques constituent les mesures de maîtrise des risques.

2.2.3.3. Logiciels de modélisation utilisés et paramétrage

Afin de modéliser la dispersion du nuage inflammable, le logiciel [\[1\]](#) a été utilisé. C'est un logiciel complet permettant de simuler l'ensemble des phénomènes consécutifs à un relâchement de produit.

Ce logiciel est le logiciel de référence dans le domaine de l'évaluation des effets d'un rejet accidentel. Il a fait l'objet de plusieurs rapports d'évaluation de l'INERIS et est utilisé dans la très grande majorité des études de dangers réalisées en France et en Europe.

L'explosion en tant que telle a été modélisée à l'aide de la méthode [\[2\]](#). Cette méthode a été développée par le TNO (Organisation Néerlandaise pour la Recherche Appliquée, Pays Bas) qui est l'un des organismes de référence en Europe dans le domaine des risques accidentels.

Par ailleurs, le guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre, portant sur la modélisation des effets d'une explosion établi par l'INERIS pour le compte du ministère en charge de l'écologie préconise d'utiliser cette méthode.

Le modèle utilisé pour le jet enflammé dans le logiciel [\[1\]](#) en conformité avec le rapport oméga de l'INERIS sur les jets enflammés [Réf \[22\]](#).

Les paramètres suivants ont été utilisés pour les modélisations :

- Concernant la dispersion du nuage inflammable :
 - deux conditions météorologiques ont été considérées : (F, 3, 15°) et (D, 5, 20°) suivant les préconisations de la circulaire du 10 mai 2010 [Réf \[5\]](#)
 - la rugosité choisie est la rugosité représentative d'un site industriel
- Concernant la modélisation des surpressions, un indice de violence d'explosion de 4 a été choisi. Cette valeur s'explique par le fait que, l'hydrogène étant un gaz léger, le nuage va s'élever au-dessus du sol dès le début de la fuite. De ce fait, l'explosion sera de type explosion en champ libre plutôt qu'explosion en zone encombrée. Dans la méthode [\[2\]](#), un indice de l'ordre de 3 est représentatif d'une explosion en champ libre. Toutefois, pour les gaz les plus réactifs tels que l'hydrogène un indice 4 est plus représentatif.

3. ETUDE DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

3.1. ANALYSE DU REX DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN EXPLOITATION D'EDF

3.1.1. Processus REX au sein d'EDF

L'efficacité du retour d'expérience (REX) est un maillon essentiel dans la recherche permanente d'EDF du maintien d'un haut niveau de sécurité des installations nucléaires.

Le parc électronucléaire français d'EDF présente deux caractéristiques intéressantes vis-à-vis de la pertinence de l'utilisation du REX :

- Le nombre important de réacteurs (58) exploités depuis plusieurs décennies.
- La standardisation du parc EDF des réacteurs à eau sous pression favorisant le partage du retour d'expérience.

Le pilotage technique du retour d'expérience est assuré au sein d'EDF en :

- Collectant l'ensemble des informations issues des CNPE, des groupes métiers, de la direction du parc nucléaire des unités de la direction de l'ingénierie nucléaire, de l'international... ;
- Hiérarchisant ces informations avant de les communiquer aux services pour analyse ; l'analyse des causes des événements recensés (défaillance humaine, défaillance matérielle, défaut d'entretien ou de maintenance, non-respect d'une procédure, etc.) permet, si nécessaire, de définir des mesures complémentaires, évitant leur renouvellement sur la même installation ou sur une autre installation du même type ou limitant les conséquences de l'événement ;
- Proposant aux instances décisionnelles le cadrage du traitement pour validation.

Toutes ces informations consolidées (alertes, analyses, affaires, projets, bilans, comptes-rendus des comités techniques, programmes pluriannuels...) sont mises à disposition des sites et des entités concernées. Ce retour d'expérience permet d'identifier les incidents précurseurs d'accidents plus graves afin d'anticiper la mise en œuvre des mesures correctives nécessaires, de vérifier que les modifications éventuelles n'ont pas d'effets non souhaités avant de les généraliser sur un ensemble de réacteurs du même type et enfin d'homogénéiser le niveau de maîtrise des risques sur les tranches.

Les enseignements tirés du retour d'expérience peuvent ainsi engendrer des améliorations sur les équipements ou les systèmes, sur la formation du personnel, sur les modes d'exploitation des installations ou le processus maintenance et ces enseignements permettent de réduire la fréquence ou la gravité des incidents.

3.1.2. Analyse du REX interne

Le REX analysé couvre les Événements Significatifs Environnement (ESE), les Événements Intéressants l'Environnement (EIE) et les Événements Significatifs Sûreté (ESS) sur la période 1998 – mi-2013, avec une sélection des événements intéressants vis-à-vis des risques de nature non radiologique. Il a également été tenu compte des explosions survenues sur les CNPE, bien qu'elles n'aient pas eu de conséquences sur la sûreté et à l'extérieur des sites.

Les bases de données concernant les événements significatifs ou intéressants ont été consultées pour les produits, installations ou phénomènes représentatifs des sources internes potentielles de danger (représentés soit par des produits dangereux, soit par des équipements).

Nota : le REX relatif à l'incendie n'est pas présenté ici, mais fait l'objet d'une collecte, d'un suivi et d'une analyse spécifique pour le parc électronucléaire EDF. Le scénario « incendie » est pris en compte dans la suite de l'analyse.

L'analyse de ce REX « interne » montre :

- L'efficacité des dispositions existantes, ainsi, par exemple, plusieurs événements concernent des déversements de produits dangereux, dans la plupart des cas, les dispositions prévues (mise à l'arrêt de pompes, déploiement de kit anti-pollution, efficacité des mesures prises à la conception...) ont été efficaces et l'événement n'a pas entraîné de conséquences significatives pour l'environnement.
- La mise en place, dans le cas contraire, de mesures complémentaires de façon à éviter le renouvellement d'un événement ou en limiter les effets.
- L'identification d'incidents précurseurs d'accidents plus graves et l'anticipation par la mise en œuvre des mesures correctives nécessaires.
- La mise en place d'un programme de vérification de l'ensemble des rétentions ultimes suite aux incidents sur le site SOCATRI du Tricastin en juillet 2008.
- L'existence d'un programme local de maintenance préventive pour les tuyauteries transportant les produits dangereux ou radioactifs.

Le REX interne a permis de conforter l'analyse de risque dans le choix des scénarios enveloppe étudiés. Pour l'ensemble du parc, de 1998 à mi-juillet 2013, les événements suivants ont été recensés :

- moins d'une dizaine d'événements concerne un relâchement d'hydrogène, sans conséquence à l'extérieur des CNPE,
- moins d'une dizaine d'événements liés à un déversement de morpholine, dont quelques-uns de ces déversements ont conduit à un rejet dans l'environnement naturel,
- moins d'une dizaine d'événements liés à un déversement d'hydrate d'hydrazine, sans dispersion de nuage toxique par évaporation. Un seul événement a conduit à un rejet dans l'environnement mais sans impact sur celui-ci,
- une quinzaine d'événements liés à un déversement de fyrquel, sans rejet dans l'environnement, grâce à l'efficacité des mesures prises,
- un grand nombre d'événement concerne l'huile, les hydrocarbures, entraînant pour certains des déversements dans le milieu naturel,
- aucun événement concernant la mise en cause de bouteilles de gaz combustibles ou comburants,
- un déversement de soude au niveau d'une station de déminéralisation sans conséquence sur l'environnement.

3.2. ANALYSE DU REX EXTERNE

L'analyse du REX externe a été réalisée à partir des données du BARPI [Réf \[9\]](#) (base de données ARIA, pour Analyse, Recherche et Information sur les Accidents).

La plupart des événements recensés sur le BARPI ne sont pas transposables aux CNPE compte-tenu de leur conception spécifique.

Cependant, ces événements concernent des incidents (incendie, rejet, explosion...) avec des initiateurs (fuite, manœuvre inadaptée...) fréquents sur tous les types d'installations industrielles, dont les CNPE.

Ces mêmes initiateurs génériques se retrouvent dans les bases de REX des événements du parc électronucléaire français d'EDF.

Ainsi, la consultation du REX externe a permis de conforter l'exhaustivité des initiateurs, et scénarios en découlant, considérés dans cette étude.

4. APPLICATION DE LA DÉMARCHE À L'EPR FLAMANVILLE 3

La description des installations, de leur fonctionnement et les supports cartographiques associés sont présentés dans le chapitre 1.2 du Rapport de Sûreté.

4.1. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

4.1.1. Environnement humain

Le sous-chapitre 2.1 du Rapport De Sûreté donne la description de l'environnement autour du site.

La commune la plus proche du CNPE est la commune de Flamanville distante de 1,2 km dans la direction Est du CNPE. Cette commune comptait 1686 habitants en 2006. Le port Diélette, situé à 1 km au Nord du site, permet d'accueillir 420 bateaux à l'année : il y transite des bateaux de pêche et de plaisance. L'environnement naturel autour de la centrale est également ouvert aux loisirs de type randonnée. Les activités de loisirs autour de la centrale sont décrits en sous-chapitre 2.7 du Rapport de Sûreté. La navigation, la plongée sous-marine et la baignade sont interdites par arrêté préfectoral dans un rayon de 200 m autour des points de rejet en mer des tranches 1-2 du CNPE de Flamanville.

4.1.2. Environnement industriel et voies de communication

Le sous-chapitre 2.2 du Rapport de Sûreté décrit l'environnement industriel et les voies de communication autour de Flamanville.

Les routes départementales les plus proches du site sont :

- La RD 23 qui permet d'accéder au CNPE par l'entrée Nord,
- La RD 4 qui passe au plus près à environ 1 km à l'Est du CNPE.

La voie ferrée la plus proche est la ligne SNCF Paris-Cherbourg ou Cherbourg-Rennes via notamment Carentan et Valognes. Le point le plus proche est à 15 km du site.

Les distances des routes maritimes les plus proches sont comprises entre 40 et 70 km du site de Flamanville.

L'aérodrome le plus proche se situe à 10 km au Nord-Nord-Est du site dans la commune de Vauville.

La présence humaine liée aux activités industrielles est très limitée car la région proche du CNPE du Flamanville est très peu industrialisée. Il n'y a aucune ICPE soumise à Autorisation dans un rayon de 5 km autour du site.

4.1.3. Environnement naturel

Le CNPE de Flamanville est entouré d'espaces faisant l'objet d'une protection spécifique qui ont été recensés dans une aire d'étude correspondant à la zone d'influence potentielle de la tranche EPR. Ce recensement a permis d'identifier les zones suivantes :

- cinq zones Natura 2000 (SIC FR2500082 ; SIC FR2500083 ; SIC FR2502018 ; SIC FR2502019 ; ZPS FR2512002)
- cinq ZNIEFF de type 1 (250008147, 250008410, 250008411, 250008412 et 250013026) et deux ZNIEFF de type 2 (250008409 et une autre en cours de validation)
- un parc naturel marin en projet.

4.2. ANALYSE DES RISQUES CONVENTIONNELS

La première partie de l'analyse s'attache à analyser les potentielles agressions externes sur l'EPR (§ [4.2.1.](#)). Les risques internes à l'EPR sont ensuite analysés en § [4.2.2.](#), pour déterminer l'acceptabilité des risques que l'installation peut présenter, sur les intérêts protégés.

4.2.1. Analyse des effets des agressions externes

Les événements externes ont été examinés pour déterminer s'ils peuvent être à l'origine d'effets sur l'EPR Flamanville 3, impliquant les installations objet de l'étude et conduisant à l'atteinte des intérêts protégés.

4.2.1.1. Environnement industriel et voies de communication

Les agressions retenues depuis les installations industrielles ou les voies de communication sont les suivantes :

- l'incendie, par l'émission d'un flux thermique à courte distance, ou l'émission de fumées toxiques à plus longue distance,
- l'explosion d'un nuage de gaz dérivant ou non (explosion sur place),
- la dérive d'un nuage de produit toxique.

Les évaluations menées dans le cadre des études de sûreté (voir section 3.3.4 du Rapport De Sûreté) ont montré que les risques générés par l'environnement industriel et les voies de communication peuvent engendrer des effets sur le CNPE compte-tenu des distances obtenues. Cependant, leur fréquence d'occurrence et la probabilité d'atteinte des fonctions de sûreté amènent à exclure ces événements initiateurs de par leur probabilité entrant dans le domaine du résiduel.

Concernant le risque lié à la chute d'avion, par analogie avec la pratique ICPE et comme expliqué dans la circulaire du 10 mai 2010 [Réf \[5\]](#), l'initiateur correspondant à la chute d'avion est écarté dans le cas présent car il n'y a pas d'aéroport ou d'aérodrome situé à moins de 2000 mètres de l'EPR.

Les effets des événements externes d'origine industrielle et humaine ne sont donc pas considérés comme générateurs d'effets sur l'EPR.

4.2.1.2. Environnement naturel

4.2.1.2.1. Séisme

Cette agression est traitée en section 3.3.2 du Rapport de Sûreté.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement). La commune de Flamanville est en zone de sismicité 2 (zone de sismicité faible).

Les bâtiments/équipements classés sismiques compte-tenu du risque radiologique associé respectent la Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) 2001-01. Ce texte, paru en 2001, précise les règles pour calculer l'intensité des séismes à prendre en compte pour ces bâtiments/équipements.

La centrale de Flamanville est située en zone de sismicité faible, soit une accélération horizontale comprise entre 0,7 et 1,1 m/s². Les codes de calcul utilisés à la conception de la tranche EPR permettent le respect des exigences de l'Eurocode 8. Ainsi, le niveau sismique de tous les bâtiments présents dans le périmètre INB de la tranche EPR est d'au minimum 0,10g en accélération horizontale.

Par application de cette réglementation, et compte-tenu de la faible sismicité relevée dans la région, le risque de perte d'intégrité d'un bâtiment classé de sûreté suite à un séisme peut être écarté.

En revanche, l'agression « séisme » ne peut pas être écartée pour les bâtiments conventionnels. Elle doit être prise en compte comme un événement initiateur si l'analyse de risque menée selon la méthodologie décrite au [§ 2.2.3.1](#), amène dans le cadre de l'analyse détaillée des risques, à quantifier en termes de probabilité un scénario.

4.2.1.2.2. Foudre et interférences électromagnétiques

La sévérité de foudroiement est la densité de coups de foudre au sol exprimée en nombre de coups/km²/an. Dans le cas d'une construction neuve en France, les installations doivent être conçues pour être capables de résister à une densité de foudroiement est de 3 coups/km²/an.

Le Rapport de Sûreté (voir section 3.3.7) montre que la protection foudre des bâtiments de la tranche est conçue conformément aux exigences des normes NF EN 62305– 1 à 4, correspondant aux exigences de conception et de vérification des installations de protection contre la foudre énoncées dans l'arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Une analyse du risque foudre et les études techniques associées, menées par EDF pour le CNPE sur l'ensemble des structures et bâtiments conclut à la conformité des installations du CNPE aux exigences de cet arrêté.

Les effets de la foudre sont maîtrisés et ne sont donc pas considérés comme générateurs d'effets sur le CNPE.

4.2.1.2.3. Inondation d'origine externe au CNPE de Flamanville

Le risque associé à cette agression est traité en section 3.3.5 du Rapport De Sûreté. L'analyse de sûreté est réalisée en appliquant la RFS 1.2.e et en tenant compte des aléas définis dans ce chapitre. Il prend en compte le REX de l'événement de Blayais de 1999. Il fixe la Cote Majorée de Sécurité (CMS) et le niveau de conception estimé pour le dimensionnement de l'installation à l'inondation, correspondant aux Plus Hautes Eaux de Sécurité.

L'îlot nucléaire ainsi que les matériels nécessaires au repli et maintien dans un état sûr de la station de pompage sont protégés vis-à-vis de l'aléas Crue en Bord de Mer par Surcote ainsi que des aléas tel que la Crue par Effet de Houle ou la remontée de Nappe Phréatique.

La digue de protection de la centrale est conçue afin de protéger le site de Flamanville par rapport à la survenue d'une crue millénaire. Le risque de perte d'intégrité d'un bâtiment suite à une inondation externe est donc de l'ordre du résiduel. Il faudrait en effet considérer la concomitance des événements suivants :

- Une crue millénaire,
- La défaillance de la digue de protection, dimensionnée à la crue millénaire,
- La défaillance de l'enceinte des bâtiments et des systèmes,
- La libération d'un potentiel de danger susceptible de générer un scénario d'accident ayant des conséquences sur l'environnement extérieur.

L'inondation externe est maîtrisée et n'est donc pas considérée comme génératrice d'effet sur le CNPE.

4.2.1.2.4. Conditions climatiques

Conformément au Rapport de Sûreté (voir section 3.3.6), les règles de conception des installations de la tranche EPR permettent le respect des exigences des Eurocode.

La neige, le vent et les températures extrêmes (grands froids, canicule) ne sont donc pas considérés comme générateurs d'effet sur le CNPE.

4.2.1.2.5. Incendie d'origine externe

Les installations du CNPE sont implantées sur un environnement dégagé de végétation pouvant générer un risque de feux de forêt. Etant donnée l'absence de risque, aucune disposition spécifique aux feux de forêt n'est mise en oeuvre et les effets d'un incendie externe d'origine naturelle ne sont donc pas considérés comme générateurs d'effet sur le CNPE.

4.2.1.3. Agression par Flamanville 1-2

4.2.1.3.1. Analyse du risque d'atteinte des tiers par effet domino issu d'un scénario risque conventionnel sur les installations de Flamanville 1-2.

Les scénarios d'accident de type risque conventionnel associés aux installations de Flamanville 1-2 peuvent être à l'origine d'effets domino.

Concernant les effets dominos associés aux émissions de projectiles, conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#), à la circulaire du 10 mai 2010 [Réf \[5\]](#) et aux pratiques usuelles, les effets domino associés à l'émission de projectiles sont analysés uniquement dans un voisinage proche du potentiel de danger associé. En effet, pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes. Ainsi, les émissions de projectile en provenance des GTA de Flamanville 1-2 ne sont pas analysés vis-à-vis du risque d'effet domino entraînant l'atteinte des tiers.

Au vu de l'analyse de risque conventionnel réalisée au chapitre III-4.1 « *maîtrise des risques conventionnels* » du RDS de Flamanville 1-2 [Réf \[23\]](#), les scénarios susceptibles d'engendrer des effets domino en provenance de Flamanville 1-2 sont les suivants :

- L'incendie sur l'aire de dépotage du bloc de sécurité, dont le flux thermique au seuil 8KW/m² (*qui correspond à la fois au seuil des effets létaux significatifs pour l'homme et au seuil des effets domino pour les structures*) est atteint à une distance de mètres. Cette distance correspond au Parking et ne touche donc pas les installations de Flamanville 3, situées à l'opposé du site de Flamanville.
- Les scénarios associés au parc à gaz de Flamanville 1-2, les distances d'effet associés à ces scénarios sont présentés ci-dessous.

Distances associées aux seuils des effets domino du parc à gaz de Flamanville 1-2 :

Conformément à l'article 3.7 de l'arrêté INB [Réf \[3\]](#), le seuil des effets domino sur les structures est établi selon les valeurs de référence définies en annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#) soit :

- Pour les effets thermiques : 8 kW/m² ;
- Pour les effets de surpression : 200 mbar.

Au regard de la conception des parcs à gaz, de la tranche 1 et 2, les seuls scénarios envisagés sont :

- L'éclatement d'une bouteille (*effet de surpression*)
- L'UVCE associé à une perte de confinement d'un cadre d'hydrogène (*effets de surpression et effets thermiques*)
- Jet enflammé associé à la perte de confinement sur un cadre d'hydrogène (*effets thermiques*)

Les distances associées aux seuils des effets domino sont présentés dans le tableau ci-dessous :

* *Le phénomène observé à la suite d'un UVCE pour les effets thermiques est un flash fire (cinétique rapide) ne permettant pas de générer d'effets domino.*

** *Pour le jet enflammé, la conception des parcs à gaz (notamment le casematage des cadres de bouteilles sur 3 faces par des murs coupe-feu) ne permet pas l'agression de cadre entre eux.*

Les installations de Flamanville 3 à proximité des parcs à gaz des tranches 1 et 2 de Flamanville et présentant un potentiel de danger sont situées aux distances les plus proches suivantes :



Au regard des distances présentées ci-dessus, les accidents considérés pour le parc à gaz des tranches 1 et 2 de Flamanville n'entraînent pas d'effet sur les installations de Flamanville 3 ; de ce fait, ils ne sont pas susceptibles de générer des effets dominos.

Ainsi, les sources possibles d'agression provenant des potentiels de dangers de Flamanville 1-2 ne sont donc pas susceptibles d'atteindre Flamanville 3.

Pour autant, des dispositions de préventions sont toutefois mise en œuvre vis-à-vis des scénarios d'agression en provenance de Flamanville 1-2. Elles sont présentées ci-dessous.

Principales dispositions de prévention mises en œuvre sur les installations de Flamanville 1-2

Bâtiments diesels des tranches 1 et 2

Les dispositions de prévention mises en œuvre au niveau de ces bâtiments sont les suivantes :

- Mesures de conception :
 - Le bâtiment diesel est entièrement en béton. Le local bâches à fioul est enterré et il est situé hors de l'emprise du bâtiment diesel. Les bâches à fuel sont placées dans des fosses faisant office de rétention.
 - Les locaux bâches à Fioul constituent des secteurs ou zones de feu ZFS/Zone de Feu de Sécurité.
- Des détecteurs adaptés aux risques présents assurent la surveillance des locaux.
- Moyens de secours :
 - Des extincteurs adaptés et accessibles sont repartis près (ou à l'intérieur) des locaux.
 - Des RIA sont repartis près des accès.
 - Le réseau d'eau incendie est alimenté par le réseau de distribution d'incendie de site (JPD). Une borne d'incendie extérieure est située à proximité de chaque bâtiment diesel.

Groupes Turbo Alternateurs (GTA) des tranches 1 et 2

Les dispositions de prévention mises en œuvre au niveau de ces transformateurs sont les suivantes :

- En prévention du risque de rupture ductile des rotors BP :
 - Bon comportement du rotor jusqu'à 200% de la vitesse nominale, correspondant à la vitesse de rendement nul de la turbine,
 - Haute fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses,
 - Surveillance des organes d'admission, destinée à en prévenir les défaillances,
 - Dispositif de hiérarchisation du déclenchement du groupe qui réduit encore le risque de montée en survitesse.
- En prévention du risque de rupture fragile des rotors BP :
 - Contrôles en fabrication permettant de détecter des défauts de taille inférieure à celle des défauts critiques pouvant remettre en cause l'intégrité du rotor sur toute sa durée de vie ;
 - Extrême lenteur de la propagation des défauts associée à un faible nombre de cycles de démarrage-arrêt groupe ;
 - Faible écart de contrainte entre l'arrêt et la vitesse nominale écartant la possibilité d'amorçage de défauts par fatigue oligocyclique ;

- Surveillance en exploitation du groupe, notamment lors des passages des vitesses critiques ;
- Surveillance périodique des rotors permettant de prévenir le risque de propagation de fissures.

Parc à gaz des tranches 1 et 2

Les dispositions de prévention mises en œuvre au niveau du parc à gaz sont les suivantes :

- Mesures de conception :
 - Conception des bouteilles de stockage ;
 - Casematage ;
 - Clôture grillagée ;
 - Respect des règles Neige et Vent : neige 3 et vent région 4 ;
 - Calcul au séisme avec hypothèse du site le plus contraignant ;
 - Tenue au feu 1h30 à minima des voiles béton ;
 - Voiles béton et grillages résistants au cas de charge PGVE (Projectile Généré par Vent Extrême).
- Moyens de secours :
 - Extincteurs adaptés et accessibles.
 - Réseau d'eau incendie alimenté par le réseau JPD.
 - Poste incendie avec du matériel d'extinction à proximité de chaque parc à gaz.

Transformateurs électriques des tranches 1 et 2

Les dispositions de prévention mises en œuvre au niveau des transformateurs sont les suivantes :

- Mesures de conception :
 - Les trois phases du transformateur principal sont dissociées, et chaque phase est positionnée dans une casemate sans ouverture avec des parois latérales en matériau coupe-feu.
- Moyens de secours :
 - La surveillance incendie des transformateurs se fait par des détecteurs en local ;
 - Chaque phase monophasée du transformateur principal, le transformateur de soutirage et le transformateur auxiliaire sont équipés d'un ensemble de détection et de protection autonome ;
 - Les alarmes incendie sont transmises en salle de commande sur l'armoire de surveillance.
 - Une rampe fixe d'arrosage est installée sur le conservateur et autour du transformateur ;
 - En automatique, à l'apparition de l'alarme « détection incendie », un premier stade, est déclenché ;
 - En cas de non-fonctionnement du premier stade, un deuxième stade est déclenché manuellement : soit de la salle de commande, soit en local par une poignée de tirage en salle des machines.

4.2.1.3.2. Analyse du risque associé aux installations de Flamanville 1-2 vis-à-vis des cibles sûreté

La tranche EPR étant voisine des tranches 1 et 2 du site de Flamanville, il peut être envisagé l'effet domino d'un bâtiment sur la tranche EPR lorsque survient un accident dans la tranche 1 ou 2.

L'analyse des accidents susceptibles de se produire sur ces deux tranches, faite en fonction de la nature des installations et de leur localisation géographique vis-à-vis de la tranche EPR fait ressortir 4 sources possibles d'agressions, qui sont analysées ci-dessous :

- Les bâtiments diesels des tranches 1 et 2 :
Les bâtiments diesels sont conçus afin de maîtriser tout risque d'incendie ou d'explosion en extérieur du bâtiment. Aucun effet domino ne pourra donc être généré par les bâtiments diesels sur les installations objet de l'étude.
- Le Groupe Turbo-alternateur (GTA) des tranches 1 et 2 :
De la même façon que pour la tranche de Flamanville 3 (cf. section 3.4.4 « Missiles » du Rapport de Sûreté), l'éclatement d'un groupe turboalternateur des tranches de Flamanville 1 ou 2 peut conduire à la génération de potentiels missiles. Pour rappel, seuls les projectiles issus du potentiel éclatement des rotors BP de la turbine sont considérés, les missiles générés en cas d'éclatement des rotors HP ou alternateur n'étant pas suffisamment énergétiques au regard de l'épaisseur de leur stator.
La note [Réf \[10\]](#) constitue la synthèse des éléments déterministes et probabilistes justifiant la maîtrise du risque généré par la présence des groupes turboalternateurs de Flamanville 1 et 2 au regard des cibles de sûreté identifiées sur le site de Flamanville 3.
Deux modes de rupture sont à considérer dans l'étude de l'éclatement des groupes turboalternateurs :
 - La rupture fragile en survitesse normale (propagation de défauts),
 - La rupture ductile en survitesse maximale (contraintes centrifuges voisines des contraintes maximales admissibles par le rotor).

La robustesse de conception de la turbine, fondée sur la qualité de la fabrication, le dispositif de hiérarchisation du déclenchement, les chaînes de protection en cas de survitesse, et le suivi spécifique en exploitation permettent de ne pas retenir pour les tranches de Flamanville 1 & 2 le risque d'émission de projectile suite à rupture ductile, conformément à la RFS I.2.b.

La probabilité d'occurrence associée à l'éclatement d'un groupe turboalternateur en rupture fragile est estimée à 10^{-6} par an et par turbine, et bien que hautement improbable, ses conséquences sont étudiées au travers d'études probabilistes de balistique.

Pour chacune des tranches étudiées, les études balistiques démontrent que la probabilité qu'un projectile une fois émis d'un quelconque groupe turboalternateur du site de Flamanville provoque des conséquences inacceptables par atteinte de l'intégrité de bâtiments sensibles n'est pas significativement supérieure en ordre de grandeur¹ à 10^{-6} , conformément à ce qu'indique la RFS I.2. b. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des dispositions complémentaires de protection particulières.

De plus, le risque associé à l'atteinte de cibles hors classement de sûreté de Flamanville 3 (ex : parc à gaz) par un projectile issu de l'éventuel éclatement d'un groupe turboalternateur de Flamanville 1 & 2 est traité au titre des effets dominos. Les conséquences potentielles de tels effets sur les intérêts protégés à l'extérieur du site de Flamanville 3 sont étudiées au [§ 4.2.2.5.](#)

- Le parc à gaz des tranches 1 et 2 :
Les scénarios enveloppe de feu "hydrogène" du parc à gaz des tranches Flamanville 1 et 2 ont été modélisés dans le cadre d'études faite pour Flamanville 1 et 2. Les distances d'effets démontrent qu'aucun équipement sensible de la tranche EPR ne peut être atteint par un effet domino provenant du parc à gaz des tranches 1 et 2 pour les effets thermiques, et de surpression et les effets liés à l'impact d'un projectile (ou « effets missiles ») lors de l'explosion d'une bouteille.
- Effet thermique hors parc à gaz : le risque d'incendie lié à une nappe de gazole est considéré comme donnant un flux thermique de 100 kW/m² rayonné par cette nappe d'hydrocarbure et atteint à une distance de 10 m sans vent et une distance de 20 m avec un vent de 10 m/s. Les installations de l'EPR ne sont pas impactées.

1. En ordre de grandeur logarithmique

- Les transformateurs électriques des tranches 1 et 2 :
Les scénarios d'accident au niveau des transformateurs de Flamanville 1-2 ont été modélisés sans valorisation de mesure de maîtrise des risques. Les distances d'effets associées ne sortent pas des limites de site de Flamanville 1-2. Ainsi, les transformateurs de Flamanville 1-2 ne sont pas susceptibles de générer d'effets dominos sur les installations de Flamanville 3.

4.2.2. Analyse de l'acceptabilité des risques

Les sources potentielles de danger internes présentes sur un CNPE sont multiples. Le tableau donne les sources potentielles de dangers de la tranche EPR, et l'analyse de risques associée. Les cas de figure ayant fait l'objet d'une analyse de risque détaillée aboutissant à une cotation en termes de probabilité et de gravité y sont également résumés.

Les paragraphes suivants présentent une synthèse des analyses de risques sur les installations de l'INB, par type d'effets.

4.2.2.1. Effets thermiques des fumées d'incendie et effets toxiques

Le tableau présente les résultats de l'application de la méthodologie d'analyse des risques pour chaque installation objet de l'étude de la tranche EPR.

Les effets thermiques peuvent être dus aux incendies ou à d'autres scénarios au niveau du parc à gaz.

La démarche d'analyse de risques a permis de mettre en évidence les sources d'incendie les plus présentes. Ce sont les passages de câbles, les matériels électriques et les quantités d'huiles utilisées dans les équipements. Les conséquences potentielles d'un incendie sont des effets thermiques et des effets toxiques liés au dégagement des fumées.

La tranche EPR a fait l'objet d'études de sectorisation, permettant d'éviter la propagation d'un incendie d'un volume de feu à un autre volume de feu.

Ces études sont utilisées, lorsque c'est pertinent, dans la suite de l'analyse pour permettre de déterminer le type de feu envisageable.

4.2.2.1.1. Etudes de sectorisation

Les études de sectorisation, réalisées dans le cadre de la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation, montrent que les dispositions de prévention et de protection contre l'incendie ont conduit à la mise en place de mesures appropriées, permettant de maîtriser les effets dominos.

Ces dispositions sont ainsi :

- Une sectorisation en adéquation avec les charges calorifiques contenues dans les différents secteurs de feu permettant de garantir la circonscription de l'incendie au secteur de feu objet du sinistre. Cette sectorisation porte sur l'ensemble des matériels ou matériaux constitutifs du périmètre du secteur de feu (portes, trémies, gaines de ventilation, clapets coupe-feu, etc.) afin d'en garantir l'efficacité totale,
- Une sectorisation de sécurité par la création des secteurs d'accès et de zones de repli garantissant : la sécurité du personnel, la mise hors d'atteinte de certains lieux stratégiques tels que la salle de commande, l'évacuation du personnel en toute sécurité, l'accès facilité des équipes d'intervention,
- Un réseau de détection dont les remontées d'alarmes sont centralisées vers la salle de commande.

L'application de ces dispositions est valable pour les INB de type EPR et permet de garantir la limitation de :

- La propagation d'un incendie,

- La dissémination de substances toxiques dans l'environnement (via les fumées notamment), évitant ainsi un impact sur l'environnement extérieur au CNPE.

Ainsi, à l'intérieur des bâtiments, ces sectorisations permettent de considérer les charges calorifiques individuellement à l'intérieur d'un secteur de feu puisque les dispositions mises en œuvre au titre de la sûreté permettent de ne pas envisager des effets domino d'un secteur de feu à l'autre.

4.2.2.1.2. Effet toxique et faiblement radiologique associé aux fumées d'incendie – Analyse des risques

La Démonstration de maîtrise des risques relative aux risques radiologiques associés à un incendie est présentée dans la section 3.4.7.

Pendant la phase de conception de l'EPR, toutes les installations ont fait systématiquement l'objet d'étude des risques incendie (ERI). Ces études ont été utilisées dans le cadre de l'étude de risques conventionnels pour déterminer l'impact des fumées toxiques d'incendie sur l'environnement.

Pour l'îlot conventionnel, les ERI par bâtiment [Réf \[14\]](#), [Réf \[15\]](#), [Réf \[16\]](#), [Réf \[17\]](#), [Réf \[18\]](#) et [Réf \[31\]](#), ont été mises à jour et complétées dans la note [Réf \[13\]](#).

Pour l'îlot nucléaire, sur la base des potentiels de dangers identifiés, les scénarios majorants en termes d'impact faiblement radiologique, toxique et inflammable ont été identifiés dans les études de risque incendie [Réf \[12\]](#) et [Réf \[29\]](#). Ces scénarios ont ensuite été modélisés afin de déterminer l'effet toxique et faiblement radiologique associé aux fumées de ces incendies.

Ces ERI portent l'ensemble de la démarche d'analyse de risque (sélection en APR des scénarios majorants, modélisation (ADR) des scénarios majorants retenus).

Les aires de chargement/déchargement, extérieures aux bâtiments n'étant pas analysées dans ces ERI, des calculs ont donc été menés en complément des ERI pour ces potentiels de danger [Réf \[28\]](#).

L'ensemble des calculs de rejets atmosphériques, en cas d'incendie, sont réalisés, pour des scénarios incendie enveloppe, à l'aide du [\[\]](#). L'intensité des effets d'un phénomène dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#), permettant ainsi l'évaluation de la criticité d'un scénario, par utilisation de la grille de hiérarchisation des risques issue de la circulaire [Réf \[5\]](#) (pour les effets toxiques).

Le rapport « R dose irréversible » (dose émise par rapport à la valeur seuil) établi pour la comparaison doit être inférieur à 1.

La dose efficace à court terme associée aux rejets atmosphériques faiblement radiologiques, en cas d'incendie, est évaluée à une distance de 500m du point de rejet et comparée au seuil de 10mSv. Ce seuil correspond au niveau le plus bas retenu pour la mise en œuvre des actions de protection de la population en situation d'urgence radiologique selon l'arrêté du 20 novembre 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0153 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 août 2009 relative aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique.

Ci-dessous, les résultats des études pour l'EPR FA3 :

Bâtiments	Résultats du scénario enveloppe	Conclusion
Bâtiments de l'îlot nucléaire BR, BK, BAN, BTE, BD, BAS/BL, TW		
<p>[]</p> <p>Bâtiment Diesel BD :</p> <p>[]</p>	<p>R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *</p>	<p>Le rapport de dose de rejets toxiques est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont donc admissibles.</p>

Bâtiments	Résultats du scenario enveloppe	Conclusion
<p style="text-align: center;">☐</p> Bâtiment Electrique BL : Risques incendie de matières corrosives (Local Batterie HLB2228ZL)	R_{dose} irréversible : inférieur à 1 (de l'ordre de 2 décades)	
<p style="text-align: center;">☐</p> Bâtiment BTE / Local HQA1316ZL : Risque incendie de conteneurs en PEHD	R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *	
<p style="text-align: center;">☐</p> Bâtiment BAN / Local HNX1057ZL	Dose associée inférieure à 10 mSv	La dose efficace est inférieure à 10 mSv, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont donc admissibles.
Bâtiment POE		
<p style="text-align: center;">☐</p> 8HBA0625ZL Réf [27]	R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.
Bâtiments de l'ilot conventionnel		
Galeries classées, station de pompage et ouvrage de rejet Réf [13] et Réf [18]	R_{dose} irréversible : inférieur à 1 <p style="text-align: center;">☐</p>	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.
Plateforme d'évacuation d'énergie et poste aéro souterrain Réf [13] et Réf [15]	R_{dose} irréversible : inférieur à 1 <p style="text-align: center;">☐</p>	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.
Bâtiment électrique non classé Réf [13] et Réf [14]	R_{dose} irréversible : inférieur à 1 <p style="text-align: center;">☐</p> <p style="text-align: center;">☐</p>	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.
Salles des machines Réf [13] et Réf [16]	R_{dose} irréversible : inférieur à 1 (de l'ordre de 2 décades)	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.
Zones de dépotage		
Incendie sur l'aire de traitement TP Réf [28]	R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.

Bâtiments	Résultats du scenario enveloppe	Conclusion
Incendie sur l'aire de dépotage des diesels Réf [28]	R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles
Incendie sur l'aire de stockage des wagons huile Réf [28]	R_{dose} irréversible : très inférieur à 1 *	Le résultat est inférieur à 1, les éventuels rejets vis-à-vis du public sont admissibles.

* plus de trois décades d'écart par rapport à la cible

Si le rapport de dose est inférieur à 1, alors les effets toxiques sont inférieurs au seuil SEI (Seuil des Effets Irréversibles). Ainsi, il est démontré qu'aucun scénario d'incendie n'engendre d'effets toxiques ou faiblement radiologiques supérieurs aux seuils admissibles, et ce sans valorisation de mesures de maîtrise de risques.

Le risque est acceptable.

4.2.2.1.3. Effets thermiques – Analyse préliminaire des risques

Pour les bâtiments, au vu des potentiels calorifiques mis en jeu et de l'éloignement des potentiels de dangers vis-à-vis des limites de site ((présence des tiers) ≥ 64 m selon [Réf \[8\]](#) et [Réf \[11\]](#)), les effets thermiques associés à un incendie ne sont pas retenus comme pouvant avoir un impact sur les tiers à l'extérieur du site.

A noter, conformément aux pratiques usuelles concernant les études de dangers, les effets associés aux bouteilles de gaz sont évalués au niveau des lieux de stockage.

L'acheminement des bouteilles de gaz ne seraient à prendre en compte qu'en tant qu'événement initiateur dans le cadre d'une évaluation quantitative de la probabilité d'un scénario en analyse détaillée des risques.

Pour les parcs à gaz HZH et HZO, comme ils sont situés à l'extérieur, les effets thermiques sur les tiers ne peuvent être exclus au stade de l'analyse préliminaire des risques, ils sont donc étudiés en analyse détaillée des risques (cf. [§ 4.2.2.1.4.](#)).

Nota : Pour le stockage de gaz du POE, la note [Réf \[21\]](#) démontre que les effets thermiques sont limités à 19 m du stockage, ce qui permet d'exclure le risque d'atteinte des tiers.

Le scénario peut donc être exclu au stade de l'analyse approfondie des risques.

4.2.2.1.4. Quantification des effets thermiques liés aux parcs à gaz — Analyse détaillée des risques

4.2.2.1.4.1. Analyse du scénario de fuite d' H_2 depuis le flexible

L'alimentation en hydrogène s'effectue depuis un cadre de \square bouteilles de \square kg \square . En cas de rupture du flexible de liaison entre le cadre et les conduites fixes servant à l'alimentation, rupture pouvant être due à une erreur opératoire ou un séisme, une fuite d'hydrogène peut avoir lieu. Cette fuite peut se comporter de deux façons :

- Elle s'enflamme quasi-instantanément et génère un feu de jet, source d'effets thermiques.
- Elle génère un nuage d'hydrogène explosible, qui en explosant crée des effets de surpression (UVCE traité au [§ 4.2.2.4.](#), ou des effets thermiques (le flash fire, traité ici)).

1- Modélisation des effets et résultats

Une modélisation des conséquences éventuelles du scénario a été effectuée au moyen du []. Les paramètres de modélisation retenus sont :

[]

Les autres paramètres de modélisation sont des paramètres couramment utilisés pour ce type de modélisation et permettant d'obtenir des résultats enveloppes.

La quantification des effets du feu de jet montre que le flux thermique au seuil des effets dominos pour les structures ne dépasse pas les [] m tandis que le flux thermique au seuil des SEI ne dépasse pas les [] m depuis le point de fuite. Les effets n'atteignent donc pas les limites de site.

Le flash fire quant à lui ne génère pas d'effets thermiques supérieurs au seuil des effets irréversibles (SEI) pour l'homme au-delà des limites de site (12 m depuis le point de fuite).

Ces scénarios sont donc sans effet sur les intérêts protégés. L'analyse des effets dominos est réalisé dans la suite de l'analyse.

2- Effets domino

Les différents scénarios considérés associés à des fuites d'hydrogène conduisent à une distance maximale à la LIE (Limite Inférieure d'Explosivité) de l'ordre de [] m.

Dans le cas d'une combustion en régime laminaire, la vitesse du front de flamme est définie par le produit du rapport d'expansion des gaz (de l'ordre de [] pour l'hydrogène) par la vitesse fondamentale de combustion (de l'ordre de [] m/s en vitesse maximale pour l'hydrogène). Il s'en suit donc une vitesse du front de flamme de l'ordre de [] à [] m/s.

Dans le cas d'une combustion en régime turbulent, cette vitesse est très sensiblement supérieure.

De ce fait, la durée du flash fire est inférieure à [] secondes.

Les effets thermiques du flash-fire ne provoquent pas d'effets dominos sur les structures du fait de la très courte durée du phénomène.

Les effets thermiques du feu de jet décrit quant à eux, peuvent générer des effets domino sur les bouteilles présentes dans la zone des 8 kW/m² : le flux thermique fragilise l'intégrité des bouteilles qui finissent par éclater. L'éclatement de bouteille résultant génère à son tour :

- des effets thermiques (boule de feu) traité ci-dessous,
- des effets de surpression (explosion de gaz, traitée dans le [§ 4.2.2.4.](#)),
- des effets missiles (éclatement de la bouteille, traité au [§ 4.2.2.5.](#)).

4.2.2.1.4.2. Analyse du scénario d'éclatement de bouteille / Effets thermiques

Ce scénario peut être généré par effet dominos, mais il peut être généré suite à une erreur de manipulation.

Le caractère enveloppe du scénario d'éclatement d'une bouteille est stipulé au travers du référentiel explosion interne [Réf \[24\]](#).


3 scénarios enveloppes sont à analyser pour les parcs à gaz :

- REU (Risque d'Explosion Unitaire) : à partir d'un simple défaut ou d'une agression (erreur de manutention, jet enflammé, etc) le conteneur le plus important stocké éclate et engendre une onde de surpression ainsi qu'un projectile unique. Il n'y a pas de risque d'effet domino sur les

conteneurs gazeux similaires voisins du fait de leur dimensionnement intrinsèque et réglementaire.

- RDI (Risque d'effets Dominos Internes) : les risques liés à l'explosion de l'hydrogène sur le parc à gaz doivent être considérés. Ces scénarios (jet enflammé ou explosion d'un nuage de gaz) peuvent être à l'origine d'effets dominos. Ces risques sont avérés autour d'un cadre d'H2 connecté et de son système de distribution (potence et flexible) en cas de présence à proximité d'autre conteneur gazeux sous pression ou d'un obstacle quelconque. Les effets dominos engendrés par ces scénarios peuvent provoquer des surpressions consécutives mais non concomitantes et des projectiles multiples.
- RIE (Risque d'explosions dues à un Incendie d'origine Externe) suite à un incendie généralisé externe au parc à gaz. Les principales sources fixes dangereuses à proximité des parcs à gaz peuvent être les transformateurs. Dans ce cas, il faut considérer les effets domino dus au rayonnement thermique sur l'ensemble des installations du parc à gaz si celles-ci ne sont pas protégées par un écran.

1- Modélisation des effets thermiques et résultats

Une modélisation de la boule de feu liée à ce scénario a été effectuée au moyen du . Les paramètres de modélisation retenus sont :




Les autres paramètres de modélisation sont des paramètres couramment utilisés pour ce type de modélisation et permettant d'obtenir des résultats enveloppes.

Les calculs démontrent que le flux thermique de la boule de feu, généré par la rupture d'une bouteille d'hydrogène ou d'azote, reste limité et n'a pas d'effet en extérieur du périmètre INB.

2- Effets domino associés aux effets thermiques

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#) le seuil des effets dominos sur les structures (8KW/m2) n'est envisageable que dans le cas d'effets thermiques continus, c'est-à-dire pour les durées supérieures à 2 minutes.

Les modélisations de l'éclatement d'une bouteille d'hydrogène conduisent à une durée de vie de la boule de feu de l'ordre de  s.

Le phénomène est de cinétique trop rapide pour provoquer des effets dominos sur les structures.

4.2.2.1.5. Conclusion sur les effets toxiques des fumées d'incendie et les effets thermiques

Les effets toxiques des fumées associées à un incendie sont acceptables vis-à-vis des tiers.

L'analyse de risque a permis de mettre en évidence que les effets thermiques aussi bien de l'incendie que des scénarios de fuite d'hydrogène au niveau du parc à gaz, suite à la rupture du flexible d'alimentation ou à une explosion de bouteille de gaz n'ont pas d'effet au-delà des limites de site. Les effets de surpression et les effets missiles sont étudiés en [§ 4.2.2.4.](#) et [§ 4.2.2.5.](#)

4.2.2.2. Déversement liquide de substances dans l'environnement

4.2.2.2.1. Analyse des risques

Pour cette famille de risque, en l'absence de seuil permettant d'évaluer les conséquences d'un déversement dans l'environnement, l'analyse reste qualitative : on considère qu'un déversement dans l'environnement est inacceptable. La démonstration de l'acceptabilité des risques d'un déversement accidentel est assurée par la fonction confinement liquide. Le tableau présente les résultats de l'application de la méthodologie d'analyse des risques pour chaque installation objet de l'étude de la tranche EPR. Il synthétise en particulier quelles sont les substances dangereuses présentes dans le CNPE, les parades mises en place pour prévenir la survenance et limiter les conséquences d'un épandage de produit dangereux ou radioactif en situation accidentelle.

4.2.2.2.2. Acceptabilité du risque

Les scénarios de déversement liquide envisageables et qui ont permis de définir la liste des EIPR sont les suivants :

- Le déversement associé à un stockage de substance dangereuse, pour lequel la rétention associée à ce stockage est valorisée.
- Le déversement de substance radioactive dans un bâtiment pour lequel ce sont les fonds de bâtiment qui sont valorisés.
- Le déversement des eaux incendies qui seraient considérées comme dangereuses pour l'environnement, dans ce cas ce sont soit les fonds de bâtiment qui sont valorisés, soit les puisards du bâtiment associés au bassin de confinement, soit le bassin de confinement du bâtiment HX directement.
- Le déversement sur voirie ou dans une aire de chargement / déchargement pour lesquels le bassin de confinement du bâtiment HX sert de rétention.

Les mesures de maîtrise de risques assurent le confinement final des substances dangereuses ou radioactives en situation accidentelle. Ces mesures peuvent être de différentes natures :

- fond de bâtiment,
- rétention ultime de bâtiment,
- puisard ultime de bâtiment,
- aire de dépotage ou de manutention assurant un rôle de rétention ultime,
- organe de coupure assurant le confinement des ouvrages ultimes,
- le bassin de confinement HX.

Ces systèmes de confinement constituent les mesures de maîtrises de risques nécessaires pour considérer le niveau de risque comme acceptable.

La liste des EIP identifie parmi les EIPR (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des risques classiques) ceux qui ont également un statut d'EIPI (Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des inconvénients).

4.2.2.2.3. Dimensionnement du bassin de confinement du HX

Le calcul du dimensionnement a été réalisé de la façon suivante : pour chaque bâtiment pour lequel le rôle de rétention des eaux incendie n'est pas assuré par ses sous-sols, le guide D9 (guide CNPP – Dimensionnement des besoins en eau) a été appliqué dans son intégralité pour calculer les volumes d'eaux d'extinction d'incendie, conformément au guide ASN relatif à l'application du thème incendie de l'arrêté RTGE.

La conformité réglementaire à la décision Environnement [Réf \[6\]](#) a été vérifiée, et aucune exigence supplémentaire par rapport à l'arrêté RTGE n'est présente dans ce texte.

Parmi tous les incendies pouvant survenir au niveau de la tranche, le volume d'eau d'extinction le plus pénalisant vis-à-vis du dimensionnement du bassin de confinement est celui correspondant à un incendie \square . Le volume d'eau d'extinction à confiner serait alors de \square m³. Ce résultat inclut 20% du volume des liquides dans le POE comme demandé par le guide D9A.

A ce volume, est ajouté le volume d'eau lié aux intempéries qui serait collecté par le réseau, à hauteur de \square l/m² de surface de drainage, en application du guide \square .

Ainsi, pour ce scénario qui est le plus pénalisant en termes de volume d'eau d'extinction nécessaire, le volume d'eau total à confiner est de \square m³.

On ajoute à ce volume, un volume d'eau de refroidissement des bâtiments voisins (diesels et salle des machines) de \square m³ (\square).

Le volume d'eau dimensionnant pris en compte pour le calcul du bassin de confinement est donc de \square m³.

Les scénarios, hors incendie, pour lesquels un déversement de substance dangereuse se retrouverait dans le bassin de confinement du HX sont essentiellement les scénarios de déversement sur voirie ou de perte de confinement lors d'un dépotage. Les volumes mis en jeu dans ces scénarios sont clairement inférieurs à la capacité du bassin de confinement \square m³.

La nature des effluents transitant dans le réseau SEO de l'émissaire n° 15 et susceptibles d'être recueillis dans le bassin de confinement 8SEO du HX, en cas d'incendie ou de pollution sont :

- les eaux d'extinction d'incendie arrivant via 8SEO,
- les eaux de refroidissement des bâtiments adjacents (diesels et salle des machines),
- les eaux pluviales de voiries arrivant via 8SEO,
- les eaux potentiellement huileuses relevées au droit des puisards CRF, constituées majoritairement :
 - des eaux issues des arrosages permanents en eau de surface SEI des presses étoupes des pompes CRF, directement redirigées vers le bassin de confinement (uniquement en cas d'incendie ou de pollution),
 - des effluents des filtres CTE et du circuit acide CTE.

Les écoulements dits « permanents » sont constitués des eaux de relevage des puisards CRF.

Une modification des seuils de démarrage des pompes des puisards CRF a permis de réduire le débit maximal à 100 m³/jr (compatible avec le dimensionnement du bassin de décantation) au lieu de 250 m³/jr initialement observable tous les jours. Ce débit transitant par SEH, est ensuite dirigé :

- en fonctionnement normal, vers le bassin de décantation 8SEH et le déshuileur 8SEH avant rejet en mer,
- en cas d'incendie, de pollution au droit de voiries ou d'éventuelle indisponibilité du déshuileur, vers le bassin de confinement HX.

Le bassin de confinement présente donc une capacité suffisante pour confiner les eaux pendant une durée de 4 à 5 jours, en plus des eaux d'extinction d'incendie et d'eaux pluviales.

Lorsque le bassin de confinement du bâtiment HX sert à confiner des eaux suite à un incident, après analyse des eaux recueillies, les eaux collectées peuvent être vidangées et dirigées :

- soit vers le chenal si la composition de l'eau est conforme aux critères de rejet,
- soit vers le déshuileur si elles ne contiennent plus que des hydrocarbures,
- soit vers des moyens mobiles (camions citernes) dans les autres cas.

4.2.2.4. Conclusion sur le risque lié au déversement de substances dans l'environnement

Pour se prémunir des déversements accidentels de substances dangereuses ou radioactives liquides dans l'environnement, le confinement des substances déversées est assuré, cela permet ainsi de garantir la maîtrise des risques. Les dispositifs assurant ce confinement constituent des EIP.

4.2.2.3. Dispersion d'un nuage toxique résultant de la perte de confinement de produits dangereux

4.2.2.3.1. Analyse des risques

Le tableau présente les résultats de l'application de la méthodologie d'analyse des risques pour chaque installation objet de l'étude de la tranche EPR. Il synthétise en particulier quelles sont les sources potentielles de dispersion atmosphérique présentes dans la tranche. Sur la base de l'analyse

des risques ainsi menée, il décrit quels scénarii ont été in fine retenus dans la détermination des conséquences du risque de dispersion atmosphérique sur l'environnement extérieur au CNPE, au vu des potentiels de risque.

Cette démarche d'analyse de risques a permis de mettre en évidence les sources de dispersion atmosphérique présentes sur le CNPE. Ce sont :

- Les produits inflammables susceptibles de générer des fumées toxiques en cas d'incendie,
- Les produits chimiques.

Les conséquences potentielles de la perte de confinement d'un de ces produits est la dispersion d'un nuage toxique.

4.2.2.3.1.1. Émission de fumées toxiques lors d'un incendie

Cette partie a été traitée dans le [§ 4.2.2.1.2.](#)

4.2.2.3.1.2. Émission d'un nuage toxique suite à une fuite sur un circuit ou à une rupture de conditionnement de produits chimiques

Analyse préliminaire des risques

L'analyse de risques est réalisée suivant la quantité de produit, sa dangerosité et sa volatilité.

Parmi les produits identifiés comme susceptibles de former un nuage toxique ou corrosif, selon les listes des potentiels de dangers (cf. [Réf \[8\]](#) et [Réf \[11\]](#)) :

- Quelques produits dans le BAN et le HW sont volatils mais ils sont stockés en petits contenants.
- Pour les produits stockés en quantité plus importantes, l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique sont les seuls qui sont fortement volatils aux températures considérées. Ce sont donc les seuls produits susceptibles de former un nuage toxique avec des effets notables.

Analyse détaillée des risques

Ammoniaque

Dans la salle des machines, le système SIR, permettant le conditionnement chimique de l'eau du circuit secondaire, de certains circuits auxiliaires, ainsi que le conditionnement à l'arrêt des générateurs de vapeur est composé :

- d'un local de stockage des solutions commerciales ;
- d'un local de préparation des réactifs.

Pour les besoins de la tranche EPR, le local de stockage SIR, de même que le local de préparation, contiennent \square m³ d'ammoniaque à \square % en masse ; le local de dépotage SIR contient quant à lui \square kg d'ammoniaque à \square % en masse. Les retentions associées aux bâches de stockage d'ammoniaque sont classées EIPR.

Sur la base d'une étude menée sur les installations en fonctionnement [Réf \[30\]](#) dont les quantités d'ammoniaque et les surfaces d'étalement sont supérieures à celles de Flamanville 3, la distance d'effet au SEI maximale obtenue est de \square m. Or, sur Flamanville3, les limites de site sont à plus de \square m du lieu de stockage de l'ammoniaque. On peut donc conclure que le risque d'avoir un dépassement du seuil des effets irréversibles (SEI) est écarté.

Acide chlorhydrique

Un traitement biocide de la source froide est mis en œuvre par électro-chloration de l'eau de mer. L'acide chlorhydrique est utilisé pour nettoyer les cellules électrolytes afin d'éviter l'entartrage.

\square

Les scénarios enveloppes retenus sont :

- la rupture de la capacité de stockage d'acide chlorhydrique avec déversement dans la rétention
- le déversement d'un fût de [] L en dehors de la rétention

La station de pompage de Flamanville se trouve à [] m de l'intersection entre la plage et la ZNAR. La mer n'est pas prise en compte dans l'étude car autour de la centrale la navigation y est interdite.

L'étude [Réf \[26\]](#) montre que le seuil des effets irréversibles (SEI) n'est pas atteint à [] m de la flaque. Il n'y a donc pas d'effet à l'extérieur du site.

Conclusion sur le risque de dispersion d'un nuage toxique

L'étude montre que la dispersion d'un nuage toxique suite à une perte de conditionnement de produits chimiques n'a pas d'effets sur les intérêts protégés.

4.2.2.4. Onde de surpression aérienne générée par une explosion

4.2.2.4.1. Analyse préliminaire des risques

Le tableau présente les résultats de l'application de la méthodologie d'analyse des risques pour chaque installation objet de l'étude de la tranche EPR. Il synthétise en particulier quelles sont les sources d'explosion présentes dans le CNPE. Sur la base de l'analyse des risques ainsi menée, il décrit quels scénarii ont été in fine retenus dans la détermination des conséquences d'une explosion d'un nuage inflammable sur l'environnement extérieur au CNPE, au vu des potentiels de risques existants.

La démarche d'analyse de risques a permis de mettre en évidence les sources d'explosion présentes sur le CNPE. Les potentiels à l'origine du risque explosion et pouvant générer des effets de surpression importants sont :

- Les systèmes de la tranche EPR nécessitant un apport d'hydrogène. Les circuits contenant le gaz hydrogéné sont ainsi soumis au risque explosion en cas de fuite ou de rupture de confinement des moyens de transferts (cas des systèmes RCV et GRV présents en salle des machines). Un circuit véhiculant un gaz explosif est à risque dès lors qu'en condition maximale de fonctionnement la concentration en gaz peut être comprise entre la limite inférieure d'explosivité et la limite supérieure d'explosivité du mélange gazeux.
- L'hydrogène, l'argon, l'oxygène, l'azote et l'acétylène sont des gaz stockés en bouteille au niveau de trois parcs de stockage localisés dans la tranche EPR (HZH, HZO et dans le POE). Le risque d'une rupture de confinement ou de fuite d'un gaz explosif (hydrogène ou acétylène) ou d'un gaz non explosif (oxygène, azote ou argon) est donc présent.
- Les batteries électriques présentes dans les locaux de plusieurs bâtiments sont susceptibles de générer de l'hydrogène.
- Le procédé d'électrochloration situé dans la station de pompage, qui est un procédé générateur d'hydrogène.

Les potentiels à l'origine du risque explosion peuvent être regroupés en 2 catégories :

- Les stockages de gaz, qui ne peuvent être exclus au stade de l'analyse préliminaire et nécessitent la définition de scénarios enveloppes et l'analyse détaillée de ces derniers ;
- Les locaux à risque hydrogène qui nécessitent une analyse.

Pour les parcs à gaz, les scénarios enveloppes à prendre en compte vis-à-vis du risque d'effets de surpression sont, selon le référentiel explosion interne [Réf \[24\]](#) :


- **REU (Risque d'Explosion Unitaire)** : à partir d'un simple défaut ou d'une agression (erreur de manutention, jet enflammé, etc.) le conteneur le plus important stocké éclate et engendre une onde de surpression ainsi qu'un projectile unique. Il n'y a pas de risque d'effet domino sur les

conteneurs gazeux similaires voisins du fait de leur dimensionnement intrinsèque et réglementaire.

- **RDI (Risque d'effets Dominos Internes)** : les risques liés à l'explosion de l'hydrogène sur le parc à gaz doivent être considérés. Ces scénarios (jet enflammé ou explosion d'un nuage de gaz) peuvent être à l'origine d'effets dominos. Ces risques sont avérés autour d'un cadre d'H2 connecté et de son système de distribution (potence et flexible) en cas de présence à proximité d'un autre conteneur gazeux sous pression ou d'un obstacle quelconque. Les effets dominos engendrés par ces scénarios peuvent provoquer des surpressions consécutives mais non concomitantes et des projectiles multiples.
- **RIE (Risque d'explosions dues à un incendie d'origine Externe)** suite à un incendie généralisé externe au parc à gaz. Les principales sources fixes dangereuses à proximité des parcs à gaz peuvent être les transformateurs. Dans ce cas, il faut considérer les effets domino dus au rayonnement thermique sur l'ensemble des installations du parc à gaz si celles-ci ne sont pas protégées par un écran.

4.2.2.4.2. Quantification des risques liés aux parcs à gaz – Analyse détaillée des risques

Outils

Les modélisations ont été réalisées avec  :







Études et modélisation des scénarios retenus

L'ensemble des scénarios pouvant conduire à des effets de surpression sont :

- Rupture franche du flexible de liaison entre un cadre de bouteilles d'hydrogène et à la canalisation d'alimentation du détendeur,
- L'éclatement de bouteille d'hydrogène,
- L'éclatement de bouteille d'azote,

4.2.2.4.2.1. Rupture franche du flexible de liaison entre un cadre de bouteilles d'hydrogène et la canalisation d'alimentation du détendeur

- Caractérisation de l'Événement Redouté Central (ERC)
Suite à un événement initiateur, on suppose une rupture franche ou un défaut de connexion au niveau de la jonction entre le flexible d'alimentation et la canalisation d'hydrogène. Un retour en hydrogène peut avoir lieu en aval de la fuite (inventaire compris dans la canalisation entre le flexible et le détendeur, mais elle est supposée négligeable compte tenu de la quantité rejetée en amont).
Le phénomène dangereux conduisant à des effets de surpression est l'explosion d'un nuage d'hydrogène.
- Intensité du phénomène dangereux
Les hypothèses de modélisation spécifiques à ce scénario sont les suivantes :

- Calcul des effets
Les caractéristiques du terme source ont été calculées à partir des hypothèses de scénario et du logiciel  :
- 
- Onde de surpression liée à l'UVCE
Les effets de surpression de l'explosion UVCE sont modélisés à l'aide du logiciel  et présentés dans le tableau ci-dessous. Les distances sont données à partir du point de fuite. Compte tenu des caractéristiques de l'hydrogène, le nuage va s'élever rapidement au-dessus du sol dès le début de la fuite.

□

Conclusion

Ce scénario ne génère pas d'effets à l'extérieur du site. Les effets de surpression de l'UVCE peuvent générer des effets dominos sur les bouteilles présentes dans la zone des effets dominos de l'UVCE. Cela peut conduire à l'éclatement d'une bouteille qui génère notamment des effets de surpression. Ce scénario est étudié dans les paragraphes ci-dessous (les effets thermiques –boule de feu – sont déjà traités dans le § 4.2.2.1.4.2. ; les effets missiles – éclatement de la bouteille – sont traités dans le § 4.2.2.5.) :

4.2.2.4.2.2. Eclatement d'une bouteille d'hydrogène

- Caractérisation de l'Événement Redouté Central (ERC) :
On suppose l'éclatement d'une des bouteilles d'hydrogène stockées dans le parc à gaz, à la suite d'effets dominos.

Suite à l'éclatement de la bouteille l'un ou l'autre des deux scénarios suivant peut se produire :

- l'hydrogène s'enflamme instantanément au moment de l'éclatement et génère une boule de feu,
- l'hydrogène s'échappe, dérive avant de générer un UVCE.

La modélisation permet de déterminer les caractéristiques de l'onde de choc associée à l'éclatement de la bouteille (effets de surpression), les effets thermiques de la boule de feu associée (en cas de boule de feu), ainsi que les effets de surpression et thermiques associés à l'UVCE (en cas d'UVCE).

- Intensité du phénomène dangereux :
 - Hypothèses.
Les dimensions et caractéristiques de la bouteille sont les suivantes :

□

L'hydrogène étant assimilable à un gaz parfait, le coefficient isentropique sera pris à □. La vitesse du son dans l'hydrogène à □ bars vaut □ m/s.

La pression de rupture des bouteilles sera prise à la pression de service, compte-tenu des événements initiateurs à l'origine de l'éclatement de la bouteille (défaillance de la bouteille se déroulant à pression de service ou éclatement suite à un incendie voisin générant une fragilisation de l'acier des bouteilles).

- Calcul des effets
Deux phénomènes peuvent conduire à des effets de surpression.
 - Phénomène dangereux : Eclatement de la bouteille
On suppose l'éclatement de la bouteille d'hydrogène. Le phénomène dangereux associé est alors une onde de choc générant effets de surpression.

□

A partir □ permettant d'obtenir les distances d'effets, les effets de surpression obtenus suite à l'éclatement d'une bouteille d'hydrogène sont donc les suivants (les distances sont données depuis la bouteille) :

□

Comme précisé dans le référentiel des exigences de sûreté de protection contre le risque d'explosion interne pour l'EPR Réf [24], il n'y a pas de risque d'effet domino sur les conteneurs gazeux similaires voisins du fait de leur dimensionnement intrinsèque et réglementaire pour le scénario REU (Risque d'Explosion Unitaire)

- Phénomène dangereux : UVCE

Suite à l'éclatement de la bouteille, le nuage d'hydrogène se dégageant peut dériver avant de s'enflammer, générant l'explosion d'un nuage de gaz constitué de l'inventaire de la bouteille. Les résultats donnés ci-dessous sont obtenus à partir du logiciel [1], et les distances sont données à partir du point de la bouteille.
Compte tenu des caractéristiques de l'hydrogène, le nuage va s'élever rapidement au-dessus du sol dès le début de la fuite. Il est par conséquent fait l'hypothèse que le degré de confinement est égal à 5 (degré de confinement équivalent au champ libre).

□

4.2.2.4.2.3. Eclatement d'une bouteille d'azote

- Caractérisation de l'Événement Redouté Central :
On suppose l'éclatement d'une des bouteilles d'azote stockées dans le parc à gaz, à la suite d'une défaillance propre à la bouteille (défaut de conception) ou à la suite d'effets dominos (effets thermiques).
La modélisation permet de déterminer les caractéristiques de l'onde de choc associée à l'éclatement de la bouteille (effets de surpression).
- Intensité du phénomène dangereux :
L'azote est conditionné dans les mêmes conditions que l'hydrogène et dans des bouteilles identiques. Les seuls paramètres modifiés pour les modélisations sont :
 - Le contenu : l'azote n'est pas inflammable contrairement à l'hydrogène.
 - La vitesse du son dans l'azote à 200 bars : 366 m/s.

Le phénomène dangereux pouvant conduire à des effets de surpression est l'onde de choc engendrée par l'éclatement de la bouteille.

- Calcul des effets :
On suppose l'éclatement de la bouteille d'azote. Mis à part les paramètres différents cités ci-dessus, les hypothèses de modélisation sont identiques à celles utilisées pour la modélisation de l'éclatement d'une bouteille d'hydrogène. Les distances des effets de surpression sont également les mêmes.

□

Comme précisé dans le référentiel des exigences de sûreté de protection contre le risque d'explosion interne pour l'EPR [Réf \[24\]](#), il n'y a pas de risque d'effet domino sur les containers gazeux similaires voisins du fait de leur dimensionnement intrinsèque et réglementaire pour le scénario REU (Risque d'Explosion Unitaire).

4.2.2.4.2.4. Conclusion sur les scénarios du parc à gaz

Le parc à Gaz HZH est en limite de site côté mer, ainsi la distance vis-à-vis de la ZNAR (*Zone Nucléaire à Accès Réglementée*) est d'environ 1 mètre. Pour autant, la zone marine au droit du site est interdite à la navigation par l'arrêté préfectoral n° 51/2012, établi par la préfecture maritime de la manche et de la mer du nord. Ainsi la distance à prendre en compte dans le cadre de la présente étude vis-à-vis du risque d'impact sur les tiers est de 304 mètres comme indiqué dans la note [Réf \[11\]](#).

Concernant le parc à gaz HZO, la distance à prendre en compte dans le cadre de l'étude vis-à-vis de l'impact sur les tiers est de 283 mètres. L'éclatement d'une bouteille de gaz dans ce dernier amènerait à des distances d'effets inférieures à celles modélisées précédemment.

Ainsi, les scénarios au niveau des parcs à gaz n'amènent donc pas un risque de dépassement du SEI (Seuil des effets irréversibles) pouvant toucher les tiers à l'extérieur du site.

4.2.2.4.3. Explosion liée à l'alimentation en hydrogène de la salle des machines

4.2.2.4.3.1. Analyse approfondie des risques

Etude réalisée au titre du référentiel sûreté nucléaire :

L'étude du risque d'explosion interne dans les bâtiments CI-BOP de l'EPR FA3, menée par EDF au titre du référentiel « explosion interne », est synthétisée dans la section 3.4.6.

L'étude du risque d'explosion lié à l'alimentation en hydrogène de la salle des machines retient comme scénario enveloppe, la vidange totale de l'hydrogène contenu dans l'alternateur et dans un cadre d'hydrogène connecté au réseau, conduisant à une explosion en salle des machines.

Ce scénario peut conduire à deux explosions de natures différentes :

- Une explosion dans le jet sous la table de groupe, ayant des effets de surpression au voisinage de la salle des machines (onde de surpression, projection de bardages à quelques mètres). Ces impacts sont sans conséquence sur les bâtiments et matériels classés de sûreté, [] assurant ainsi la protection des tiers vis-à-vis des effets de l'explosion.
- Une explosion dans la nappe sous la toiture de la salle des machines, ayant comme conséquence, dans le cas le plus pénalisant, la génération d'une onde de surpression de [] mbar dans un rayon de [] m à l'extérieur de la salle des machines. Ces impacts sont sans conséquences sur les bâtiments et matériels classés de sûreté, [].

Ce scénario nécessite une analyse détaillée pour évaluer son impact sur les tiers.

4.2.2.4.3.2. Analyse détaillée des risques

L'explosion dans la nappe sous la toiture de la salle des machines a été modélisée [] afin de définir les distances associées aux effets de surpression. Les résultats sont présentés ci-dessous :

Les distances sont données à partir du point d'inflammation du nuage, estimé à 9,5 mètres du point de rupture dans le cas le plus pénalisant.

[]

Cette quantification montre que ce scénario n'a pas d'effets à l'extérieur du périmètre de l'INB, la salle des machines se trouvant au minimum à 66 mètres de la ZNAR (Zone Nucléaire à Accès Réglementé).

4.2.2.4.4. Pôle Opérationnel d'Exploitation (POE)

4.2.2.4.4.1. Analyse préliminaire des risques

Il est identifié deux locaux gaz situés attendant au POE :

- []
- []

Mis à part l'acétylène, les gaz présents sont inertes, non explosifs et non inflammables. Cependant, ils peuvent présenter un risque d'explosion en cas de stockage sous pression

Une analyse approfondie des risques associée au stockage d'acétylène est ainsi réalisée dans le paragraphe suivant.

4.2.2.4.4.2. Analyse approfondie des risques

Une analyse de sûreté vis-à-vis du risque explosion interne au niveau du POE a été réalisée dans la note [Réf \[21\]](#). L'évènement redouté est le dégagement d'acétylène par rupture du flexible associé au cadre de bouteilles. Ce scénario pourrait entraîner des effets thermiques à une distance de [] m et des effets de surpression à une distance de [] m sachant que les limites de site sont à [] m du POE.

L'impact sur les tiers peut donc être écarté.

4.2.2.4.5. Analyse de risques des locaux à risque hydrogène de l'îlot nucléaire et de l'îlot conventionnel

4.2.2.4.5.1.

4.2.2.4.5.2. Procédé d'électrochloration

Le circuit de refroidissement de la tranche EPR est protégé contre le développement de biofilm et de salissures biologiques par injection d'hypochlorite de sodium à l'eau de circulation. Le chlore est produit in situ par électrolyse de l'eau de mer. L'installation de production d'hypochlorite de sodium (CTE) propre à la tranche EPR est située dans la station de pompage. Le risque hydrogène est identifié au niveau du dégazeur, qui peut contenir jusqu'à 3 m³ d'hydrogène.

Dans le cadre de la déclinaison de la note de synthèse des études de risques explosion interne [Réf \[20\]](#), le risque d'explosion est étudié.

Les effets thermiques et les effets de surpression n'atteignent pas l'extérieur du CNPE. Afin d'écartier tout risque d'explosion, l'analyse de sûreté conclut au requis de classement F2 de la fonction de mise à l'arrêt des électrolyseurs en cas de détection d'hydrogène dans les locaux CTE, y compris le classement des capteurs d'hydrogène. Les effets de surpression restent localisés au voisinage proche du CTE, les effets dominos sont écartés.

4.2.2.4.5.3. Locaux à risques hydrogène de l'îlot nucléaire

Les études approfondies effectuées au titre du référentiel « explosion interne » montrent que la conception des installations, prise en compte au titre du référentiel « explosion interne » permet de se prémunir des risques d'explosion en supprimant ou limitant les dégagements d'hydrogène. L'analyse détaillée des locaux à risque de l'îlot nucléaire est synthétisée dans la *note de synthèse des analyses de sûreté pour l'agression Explosion Internes dans les bâtiments de l'îlot nucléaire* [Réf \[19\]](#).

4.2.2.5. Émission de missiles

4.2.2.5.1. Analyse préliminaire des risques

Le tableau présente les résultats de l'application de la méthodologie d'analyse des risques pour chaque installation objet de l'étude de la tranche EPR. Il synthétise en particulier quelles sont les sources d'émission de projectiles pouvant entraîner un « effet missile » présentes dans le CNPE. Sur la base de l'analyse des risques ainsi menée, il décrit quels scénarii ont été in fine retenus dans la détermination des conséquences du risque missile sur l'environnement extérieur au CNPE, au vu des potentiels de risque existants.

Cette démarche d'analyse de risques a permis de mettre en évidence, suite à l'analyse préliminaire, les sources d'émission de missiles présentes sur le CNPE. Ce sont :

- l'éclatement du groupe turbo-alternateur présent en salle des machines,
- l'éclatement d'une bouteille de gaz située dans les parcs à gaz HZH et HZO ou POE.

Les conséquences potentielles de l'éclatement de ces installations sont l'émission de missiles projetés à grande vitesse.

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 [Réf \[4\]](#), à la circulaire du 10 Mai 2010 [Réf \[5\]](#) et aux pratiques usuelles, les distances d'effets associés aux projectiles ne sont pas calculées dans le cadre d'une étude de risque conventionnel. L'impact d'un projectile n'est traité qu'au regard des effets dominos sur les installations du site situées dans un voisinage proche. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'impact sur le public.

4.2.2.5.2. Analyse approfondie du risque d'émission de missiles liés aux machines tournantes

Les seuls équipements tournant à grande vitesse et suffisamment énergétiques pour justifier d'une étude approfondie, vis-à-vis de l'impact sur les cibles sûreté, sont les groupes turboalternateur situés dans les salles des machines. Les projectiles énergétiques pris en considération proviennent des rotors basse pression de la turbine, et plus précisément des étages terminaux (les corps haute pression et l'alternateur ne peuvent pas générer des projectiles importants compte tenu de l'épaisseur de leurs stators). Les deux causes possibles d'émission de projectiles de grande énergie sont :

- la rupture ductile des rotors en survitesse qui se produit lorsque le groupe turbo-alternateur atteint la vitesse maximale que les rotors sains peuvent supporter sur le plan métallurgique,
- la rupture fragile des rotors suite à la propagation de défauts par fatigue oligocyclique (c'est-à-dire fatigue à faible nombre de cycles).

L'ensemble des dispositions (voir § 5.2.6.) permet de garantir le respect des exigences de sûreté et de considérer que l'émission d'un projectile turbine est de probabilité négligeable et de ne pas retenir ce risque dans le cadre de la présente étude vis-à-vis des effets domino potentiels, qui s'apparentent à des études d'agression interne au titre de la sûreté historique.

4.2.2.5.3. Analyse approfondie des risques d'émission de missiles dus à l'éclatement d'une bouteille de stockage

Le scénario d'éclatement de bouteille a été traité précédemment pour ses effets thermiques et de surpression. Les effets de projection suite à l'explosion d'une bouteille sont ici traités au titre des effets dominos.

Les casemates béton et les grilles anti-projectiles permettent de se prémunir des effets dominos internes et protéger les bouteilles de gaz contre les agresseurs externes.

4.2.2.5.4. Conclusion sur le risque d'émission de missiles

Le risque d'émission de missiles n'est pas étudié au titre du risque conventionnel et a été écarté vis-à-vis des effets domino potentiels au niveau de l'analyse approfondie des risques.

5. DISPOSITIONS PRISES AU TITRE DE LA ROBUSTESSE

5.1. DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE PRÉVENTION ET DE RÉDUCTION DES RISQUES DE NATURE NON RADIOLOGIQUE

Des mesures générales sont appliquées afin de prévenir et de réduire les risques de nature non radiologique. Elles concernent :

- Des dispositions matérielles portant sur les sources potentielles de danger internes et basées sur deux principes directeurs, ainsi que les dispositifs de surveillance de celles-ci. Les deux principes directeurs sont :
 - Le principe de minimisation : réduire au minimum les inventaires de produits dangereux.
 - Le principe de substitution : substituer, si possible, les produits dangereux par des produits moins dangereux, dans des conditions économiquement et technologiquement acceptable (en terme de coût de mise en œuvre et de rendement des opérations).
- Les dispositions relatives à l'organisation des activités du personnel :
 - La signalétique sur site indique les numéros d'appel d'urgence, les restrictions d'usage, les interdictions ou obligations ainsi que les risques dus aux installations (par exemple présence de zones à atmosphère explosive dite « zone ATEX »), en conformité avec la réglementation applicable.
 - Les activités des personnels de l'exploitation et de la maintenance sont décrites et encadrées par des notes d'organisation et des consignes qui concernent non seulement les activités propres aux métiers mais aussi les aspects sécurité vis-à-vis des personnes et de l'environnement.

- Les installations comprenant des activités à risques ou stockant des produits dangereux sont soumises à des contrôles périodiques, des opérations de maintenance préventive et des activités de surveillance.

5.1.1. Dispositions matérielles

Deux applications du principe de minimisation mises en œuvre sur le parc en exploitation sont appliquées sur la tranche EPR :

- La réduction des quantités de produits dangereux afin de diminuer les rejets toxiques potentiels suite à un incendie.
- La réduction de la capacité unitaire des conditionnements de transports et d'entreposage de l'hydrate d'hydrazine : passage de conditionnement unitaire de 10 kg à des fûts de 20 kg, ce qui permet de réduire de manière très importante la quantité de produits en cas de déversement accidentel.

Le principe de substitution est également appliqué à la tranche EPR au travers des actions suivantes :

- L'élimination des transformateurs contenant des PCB et leur remplacement par d'autres transformateurs secs.
- Le remplacement des palettes en bois par des palettes métalliques dans le magasin général pour réduire les potentiels calorifiques.

5.1.2. Dispositions organisationnelles

Tout intervenant (y compris extérieur) suit une formation aux risques, aux consignes de sécurité et d'alerte et à la première intervention contre un départ de feu. La signalétique sur site indique les numéros d'appel d'urgence, les restrictions d'usage, les interdictions ou obligations ainsi que les risques dus aux installations (par exemple présence de zones à atmosphère explosive dite « zone ATEX »), en conformité avec la réglementation applicable. Les activités des personnels de l'exploitation et de la maintenance sont décrites et encadrées par des notes d'organisation et des consignes qui concernent non seulement les activités propres aux métiers mais aussi les aspects sécurité vis-à-vis des personnes et de l'environnement. Les installations comprenant des activités à risques ou stockant des produits dangereux sont soumises à des contrôles périodiques, des opérations de maintenance préventive et des activités de surveillance. Sont contrôlées périodiquement et a minima, selon les dispositions réglementaires en vigueur :

- les équipements sous pression et les appareils de levage et de manutention,
- les installations de combustion,
- les installations électriques et de protection contre la foudre,
- les équipements de sécurité : extincteurs, système de surveillance incendie, pompes d'alimentation des circuits d'eau incendie.

Des opérations préventives de maintenance (avant constat de dysfonctionnement) sont réalisées en conformité avec les prescriptions des constructeurs et à partir du retour d'expérience acquis sur le matériel. Toute anomalie constatée fait l'objet d'une action corrective de remise en état. Des dispositions plus spécifiques concernent l'analyse et la réduction des risques, en particulier associés aux travaux :

- plan de prévention préalable aux travaux avec identification des risques liés aux installations, des risques pour les personnes et pour l'environnement,
- permis de feu quand des travaux par points chauds sont effectués dans un environnement de travail où sont présentes des sources potentielles de danger,
- consignes de sécurité particulières pour l'exploitation de certaines installations,

- autorisations de travaux, régimes de consignation spécifiques (interventions dans des capacités, circuit véhiculant des produits dangereux avec des risques particuliers...).

Le personnel d'exploitation assure des activités de surveillance des installations : présence permanente (jour et nuit) en salle de commande (centralisant les alarmes) du personnel de conduite, rondes d'inspection régulières au sein des installations par le personnel de conduite (□), surveillance et réalisation de rondes complémentaires par le personnel chargé de la protection du site, surveillance d'opérations spécifiques sur place par du personnel formé à l'intervention (par exemple pour le dépotage ou le déchargement de produits dangereux). Ces activités contribuent à détecter toute dérive des installations vers une situation à risque et à maintenir une réactivité importante.

5.2. PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DES SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ET DES DISPOSITIFS ET MOYENS DE SECOURS

5.2.1. Mesures spécifiques à la gestion des incendies

La zone d'implantation de la tranche est dotée de moyens de lutte contre l'incendie (poteaux-incendie, portes de protection, robinets-incendie armés, extincteurs appropriés aux risques, lances, tuyaux) maintenus en état et régulièrement inspectés.

Une surveillance permanente de l'ensemble du CNPE est réalisée grâce aux rondes effectuées par le personnel d'exploitation et le personnel chargé de la protection du CNPE. Suivant le niveau de risque identifié dans les études incendie, les dispositions suivantes sont prises :

- Mise en place de détections d'incendie reportées en salle de commande.
- Mise en place de systèmes automatiques d'extinction adaptés à la nature des feux : aspersion (eau pure ou avec additif), extinction au gaz □.
- Mise en place de moyens manuels fixes d'intervention : extincteur à poudre à grande capacité pour les aires de dépotage, Robinet Incendie Armé (RIA), extincteurs manuels adaptés à la nature des feux les plus probables sur la zone, poteaux incendie...
- Rétentions de récupération des eaux utilisées pour l'extinction d'incendie.

De manière générale, suite à détection d'un incendie, les témoins appellent le 18 qui les met en relation avec la salle de commande.

Les Equipes de Première Intervention (EPI) et Seconde Intervention (ESI) sont alertées par la salle de commande ainsi que les secours extérieurs. L'EPI se rend sur le lieu du sinistre (départ de feu et / ou accident) et :

- confirme le sinistre,
- porte secours aux victimes potentielles, et /ou tente d'éteindre le départ de feu sans s'exposer,
- se rend au point de rencontre pour accueil de l'ESI (Equipe de seconde intervention), rend compte au chef des secours de la situation et des actions engagées.

L'ESI :

- met en sécurité les victimes et effectue les premiers gestes de secours, et / ou engage les actions nécessaires pour éviter toute propagation du sinistre,
- accueille et guide les sapeurs pompiers sur les lieux du sinistre.

En fonction de l'importance de l'incendie et de son impact sur la sûreté des installations, l'incendie nécessitera, outre ces premières actions, le déclenchement du Plan d'Urgence Interne.

5.2.2. Mesures spécifiques à la gestion du risque de déversement de substances dangereuses

Pour pallier le risque de déversement de substances, la tranche EPR fait l'objet des mesures suivantes :

- Sur l'ensemble des installations, il existe un réseau de récupération et de traitement des effluents.
- Selon les études de conception, les installations de stockage contenant des produits dangereux sont conformes aux exigences réglementaires de conception, et comportent notamment des rétentions conformes et adaptées aux produits qu'elles peuvent contenir. En ce qui concerne la récupération des eaux d'incendie, elle est assurée par les rétentions propres aux installations ou, si nécessaire, par le réseau de collecte des eaux usées et pluviales (SEO) du CNPE qui assure le transfert des effluents vers le bâtiment HX sans rejet direct incontrôlé dans l'environnement.
- La conception des installations prend en compte le déversement accidentel d'une grande quantité de liquide. De ce fait, en plus des rétentions mises en place, les niveaux inférieurs des bâtiments sont recouverts d'une peinture étanche afin d'éviter toute infiltration dans le sol.
- La maîtrise des rejets de produits s'effectue systématiquement via le bâtiment HX, ce qui permet d'avoir le temps d'analyser l'eau pour définir le traitement adapté avant rejet ou d'isoler un produit dangereux en cas de perte de confinement.

L'application de ces dispositions permet d'empêcher l'infiltration de produit polluant dans le sol ou leur déversement dans la mer à des concentrations dépassant les seuils réglementaires. Par conséquent, en cas de rupture de confinement d'une capacité, la conception des installations permet de récupérer l'ensemble des produits épanchés, et d'éviter ainsi tout risque de contamination de l'environnement extérieur.

La surveillance permanente des installations est effectuée soit lors des rondes des équipes de quart, soit grâce à la présence de capteurs de niveau sur certaines installations, soit encore, par les opérateurs sur place, par exemple lors d'opérations de dépotage.

La surveillance des rejets liés au fonctionnement normal s'effectue conformément aux prescriptions de l'arrêté de rejet. Cette surveillance « temps réel » est doublée par une surveillance de l'environnement à l'extérieur du CNPE à travers diverses mesures. Ces surveillances peuvent permettre de détecter un incident.

En cas de détection de déversement de produits dangereux, le personnel applique différentes procédures prévues en fonction de la localisation des produits déversés. L'installation concernée peut par exemple être mise en position de sécurité (arrêt de la fuite), des dispositifs d'obstruction des siphons de sol ou des bouches d'égout peuvent être mis en place, ou encore des kits anti-pollution peuvent être déployés pour limiter la zone d'épandage et récupérer le maximum de produit. La gestion des systèmes SEO et SEH permet également de récupérer les produits polluants avant qu'ils n'atteignent le milieu naturel.

Les tuyauteries véhiculant des produits dangereux sont soumises à plusieurs types de dispositions spécifiques en complément des mesures générales de prévention et de réduction des risques applicables présentées précédemment :

- des dispositions de conception : identification et marquage spécifiques des circuits à risques, protection contre les agressions par différents moyens (enterrement dans des caniveaux pour les cheminements extérieurs, éloignement des voies de passage de véhicules), présence de nombreuses vannes d'isolement,
- des dispositions d'exploitation : contrôles périodiques et plan local de maintenance préventive, permis de fouille avant travaux,
- des dispositions complémentaires spécifiques à un risque particulier présentées dans le [§ 5.2.](#)

5.2.3. Mesures de spécifiques à la gestion du risque d'incompatibilité des produits

Le risque d'incompatibilité entre les substances chimiques a été analysé afin de vérifier qu'elles ne soient pas associées à une même capacité de rétention. L'incompatibilité chimique est étudiée indépendamment du caractère radioactif du fluide. Le risque d'incompatibilité est analysé au niveau des stockages dans les magasins et au niveau des systèmes.

- RISQUE A CONSIDERER POUR LES STOCKAGES

Le risque d'incompatibilité est pris en compte lors de l'établissement des zones de stockage par la déclinaison locale de la consigne de sécurité COS00031 applicable pour toute utilisation ou manipulation de produits chimiques dangereux et non dangereux.

- ANALYSE DE RISQUE DE L'ILOT NUCLEAIRE

Sur l'ensemble des produits chimiques liquides présents dans l'îlot nucléaire, les substances pouvant conduire à des mélanges à risque, si elles sont à des concentrations suffisantes sont : l'hydrazine, l'eau oxygénée, l'acide nitrique, l'acide sulfurique et la soude. L'analyse des capacités de rétention associées à ces substances est présentée ci-dessous par système.

Système RCV

L'hydrazine et l'eau oxygénée sont utilisées dans le système RCV. Les fûts d'hydrazine sont apportés pour être utilisés au démarrage de tranche. Les fûts d'eau oxygénée sont, quant à eux, apportés pour être utilisés pour l'arrêt de la tranche. Ainsi ces substances ne se retrouvent jamais en même temps dans le local, il n'y a donc pas de risque de mélange pour ces substances.

Système TEU

La soude et l'acide nitrique sont utilisés dans le système TEU.

La bache de stockage de soude possède sa propre rétention. Par ailleurs, selon le besoin, des fûts commerciaux de soude ou d'acide nitrique sont utilisés : ils sont entreposés indépendamment l'un de l'autre sur des palettes-rétention. Il n'y a donc pas de risque de mélange pour ces substances.

Système EVU

Au sein du système EVU, la seule substance dangereuse est la soude. Une rétention propre lui est associée. Il n'y a donc pas de risque de mélange de substances incompatibles.

Plusieurs sont présents dans les bâtiments de l'îlot nucléaire. L'acide sulfurique est la seule substance chimique dangereuse susceptible d'être déversée . Il n'y a donc pas de risque de mélange incompatible.

- ANALYSE DE RISQUE DE L'ILOT CONVENTIONNEL

Ci-dessous la liste des systèmes contenant des substances dangereuses liquides dans l'îlot conventionnel.

Système SIR

Chaque rétention est associée à une seule bache. Il n'y a donc pas de risque de mélange de substances incompatibles. Par ailleurs l'hydrazine, l'ethanolamine et l'ammoniaque sont des substances compatibles.

Système GFR

La bache de récupération est uniquement dédiée au drainage du fluide GFR. Il n'y a donc pas de risque de mélange de substances incompatibles.

Système JPT

Le dispositif de double enveloppe est spécifique à chacune des baches et n'est pas associé à d'autres capacités de stockage. Il n'y a donc pas de risque de mélange de substances incompatibles.

Système DVF

L'eau glycolée est la seule substance chimique dangereuse susceptible d'être déversée . Il n'y a donc pas de risque de mélange incompatible.

Système

L'acide sulfurique est la seule substance chimique dangereuse susceptible d'être déversée . Il n'y a donc pas de risque de mélange incompatible.

Pour conclure, aucune capacité de rétention n'est susceptible de recevoir des substances dangereuses incompatibles entre elles. Les installations susvisées sont donc conformes à l'article 4.3.1-VIII de la Décision Environnement [Réf \[6\]](#).

5.2.4. Mesures de prévention pour la gestion du risque de dispersion atmosphérique de produits dangereux

Pour pallier le risque d'émission de nuage toxique lié à la perte de confinement d'un produit chimique, les installations de la tranche EPR font l'objet des mesures suivantes :

- Les circuits de produits chimiques, tels que l'hydrazine, la morpholine ou l'ammoniaque sont soumis aux dispositions générales de prévention et de réduction des risques.

- Les produits chimiques sont stockés en quantité limitée sur la tranche EPR dans des bâtiments fermés et sectorisés pour limiter le risque incendie et les fumées toxiques associées. Une perte de confinement au niveau de ces bâtiments reste donc confinée aux locaux du bâtiment.
- Les conditionnements utilisés au moment des périodes de manutentions répondent aux normes de transport par route. Les rares manutentions s'effectuent en présence de personnel qualifié. Des kits antipollution, situés à proximité immédiate du lieu de manutention, permettent en cas de perte de confinement d'un produit chimique d'absorber le produit et de le récupérer avant son évaporation.

5.2.5. Mesures pour la gestion du risque explosion

Certaines zones situées à l'intérieur de locaux fermés et identifiées comme pouvant contenir une atmosphère explosive sont surveillées en permanence par des capteurs avec report d'alarme en salle de commande. Les analyses de risques préalables à la réalisation de travaux peuvent imposer la réalisation de mesures de contrôle d'atmosphère avant l'ouverture du local et pendant le chantier.

En cas d'alarme ou de détection d'une situation anormale par le personnel, les installations à risque sont isolées et les zones concernées évacuées. La situation d'urgence consécutive à une explosion est gérée de manière identique à celle de l'incendie.

5.2.5.1. Mesures générales de prévention et de réduction du risque explosion

Pour pallier le risque explosion, des mesures générales de prévention et de réduction applicables à la tranche EPR sont prises en application du code du travail ou au titre de la sûreté via un référentiel explosion. Ces mesures concernent la conception mais aussi l'exploitation des installations de la tranche EPR.

5.2.5.1.1. Mesures intégrées à la conception des installations

A la conception, pour pallier le risque explosion, les installations de la tranche EPR font l'objet des mesures suivantes :

- Les circuits et dispositifs de stockage sont étanches par conception,
- La conception des circuits hydrogénés est conforme à la réglementation, vis-à-vis de la signalisation de ces circuits, de la mise à la terre et de la protection contre les chocs pouvant survenir lors de l'exploitation courante des installations,
- Les singularités sont limitées et des vannes de coupure automatiques sont installées sur les circuits,
- Les installations sont éloignées les unes des autres d'une distance de sécurité suffisante pour prévenir les effets domino,
- Les locaux fermés de l'îlot nucléaire disposent d'une ventilation mécanique permettant d'empêcher l'existence de zones mortes (sans brassage de l'air),
- Les zones situées à l'intérieur de locaux fermés et identifiées à atmosphère explosive sont surveillées en permanence par des capteurs avec report d'alarme en salle de commande.

5.2.5.1.2. Mesures intégrées à l'exploitation des installations et leur surveillance

Lors de l'exploitation de la tranche, y compris pendant les phases d'intervention, les installations de la tranche EPR font l'objet des mesures suivantes pour pallier le risque explosion :


- L'existence de règles d'exploitation (suivi des consommations d'hydrogène sur certains matériels pour détecter une éventuelle fuite, vérification de la disponibilité des matériels de détection d'hydrogène dans les locaux à risque de l'îlot nucléaire, surveillance de la retransmission des informations en salle de commande, surveillance des actions liées à un dépassement de seuil...),
- L'existence de règles de maintenance des équipements et lieux de travail. Il convient en outre de noter la réalisation d'un programme spécifique d'inspection des tuyauteries d'hydrogène sur tous les CNPE,

- Pour les phases d'intervention : analyses de risques avant intervention, procédures de consignation des circuits, balayage et inertage avant intervention, délivrance d'une autorisation de travail, délivrance de permis de feu, utilisation, dans la mesure du possible, d'outillages ne produisant pas d'étincelles, utilisation d'hydrogénomètres, ...

5.2.5.2. Mesures spécifiques de prévention et de réduction du risque explosion

5.2.5.2.1.

5.2.5.2.2. Procédé d'électrochloration

En complément des mesures générales de prévention et de réduction du risque explosion,  sont équipés de mesures permettant de limiter la formation d'une atmosphère explosible en hydrogène atteignant une concentration suffisante pour exploser. Ces mesures s'illustrent par :

- Un système de ventilation permettant l'extraction de tout l'hydrogène produit au cours du procédé. Ce système est équipé de ventilateurs principaux ainsi que de ventilateurs de secours assurant le relais des ventilateurs principaux en cas de défaillance. De plus, l'arrêt du système de ventilation déclenche l'arrêt automatique de l'électrolyseur.
- La conception du bâtiment : la séparation géographique grâce à des voiles béton présents autour de la salle abritant le système CTE permettent de limiter localement les effets d'une explosion d'hydrogène.
- Le dimensionnement au séisme des tuyauteries CTE (traitement des eaux de circulation) véhiculant des fluides hydrogénés (circuit de dégazage, ...) permet de s'assurer que l'hydrogène ne s'échappera pas dans les locaux de la station de pompage en cas de séisme. Le ventilateur principal d'extraction de l'hydrogène est alimenté par un onduleur en cas de coupure de l'alimentation électrique. Cet onduleur est également dimensionné au séisme.
- La conception redondante des capteurs (H_2 et débit d'air) et de la chaîne d'arrêt de l'installation.

5.2.5.2.3. Alimentation en hydrogène de la salle des machines

Les circuits d'hydrogène en salle des machines font l'objet des mesures générales de prévention et de réduction du risque explosion. Par l'application de ces dispositions, le risque de fuite ou de perte de confinement au niveau des circuits est limité. Cependant, compte-tenu de la quantité présente d'hydrogène dans certains équipements (alternateur du groupe turbo-alternateur), une atmosphère explosible est plus à même de s'y former que dans les autres locaux de la tranche EPR. Afin d'empêcher la formation d'un nuage explosible en cas de fuite, les mesures spécifiques en salle des machines sont les suivantes :

- L'ouverture automatique des skydômes en toiture de la salle des machines sur détection de pression basse de l'hydrogène dans l'alternateur, renforcement des ventilations.
- Le contrôle permanent de surpression et dépression dans la double-enveloppe des tuyauteries hydrogène allant du parc à gaz au poste de deuxième détente en salle des machines. Sur détection de pression basse ou haute dans cette double enveloppe, la vanne de fermeture rapide de l'alimentation en hydrogène est fermée au niveau de parc à gaz. Ce principe permet d'éviter la vidange d'un cadre d'hydrogène en salle des machines en cas de rupture d'une tuyauterie en double enveloppe.
- Présence d'un circuit d'huile pour l'étanchéité « alternateur » (circuit GHE).
- L'inertage à l'azote pour éviter tout mélange air/hydrogène.
- Capacités résistant à la pression d'explosion du mélange air/hydrogène.
- L'installation de clapet anti-retour, classé de sûreté sur la ligne GRV de l'alternateur.

5.2.5.2.4. Stockage et alimentation en gaz des parcs à gaz

Les cadres de bouteilles sont stockés dans des casemates qui possèdent une ouverture à l'extérieur. Les événements susceptibles de générer l'éclatement de la bouteille sont une source d'agression

externe ou une défaillance unique de bouteille. Or, les dispositions suivantes sont mises en place afin de d'empêcher la défaillance de ces bouteilles menant à un risque d'explosion :

- Les bouteilles utilisées sur le site sont toutes conformes aux normes et aux réglementations applicables.
- L'entreposage des bouteilles est délimité par des murs en béton et des parties grillagées.
- Les manutentions sont effectuées sur des chariots dédiés, et les livraisons s'effectuent par camion dédié en présence du personnel interne.
- Les bouteilles de gaz sont transportées dans des cadres répondant aux règles de transport routier.
- Le nombre de bouteilles connectées au réseau de distribution est limité à un cadre par flexible, afin de limiter les risques de fuite.
- Les aires de chargement et de déchargement des camions sont à l'écart des parcs d'entreposage. Le moteur est à l'arrêt pendant les opérations et le camion est mis à la terre. Les opérations s'effectuent en présence de personnel prêt à prendre les dispositions nécessaires en cas d'incident, notamment d'incendie.
- Les appareils à pression sont contrôlés régulièrement et les procédures de remplissage et de dépotage sont définies.

5.2.6. Mesures de prévention pour la gestion du risque missile turbine

Les groupes turbo-alternateur présentent un risque d'émission de projectile comme l'a rappelé l'accident ayant eu lieu en 1977 sur la centrale thermique classique de Porcheville. Suite à cet accident différentes modifications de conception ont été mises en œuvre sur les groupes turbo-alternateurs permettant de prévenir ce type d'accident.

En effet, concernant l'accident de Porcheville, il a été admis que l'événement initiateur de l'accident est une rupture brutale d'ailette ayant entraîné une rupture en chaîne d'autres ailettes. Or, à ce jour, le constructeur dispose d'une gamme d'ailettes au design consolidé par le retour d'expérience, notamment les deux derniers étages BP référencés sur l'unité Oskarshamn 3. Le constructeur choisit également un matériau à bonne ténacité, permettant de limiter les risques de rupture en chaîne sous l'effet du choc lié au départ de l'ailette. Enfin, les ailettes font l'objet de campagnes périodiques d'inspection prévues au titre des programmes de maintenance afin de réduire le risque de rupture brutale ainsi que la fragilisation des ailettes qui deviennent alors plus sensibles au risque de rupture en chaîne.

De plus, l'un des principaux facteurs influents dans ce type d'incident relève de la tenue mécanique des paliers, lesquels ont perdu leur intégrité dans le cas de Porcheville conduisant à la rupture des arbres. Le constructeur a donc modifié les machines existantes en renforçant notamment les structures palières et leurs fixations, et intégré ce retour d'expérience dans la conception de nouvelles machines.

En complément EDF demande désormais dans ses spécifications techniques une démonstration, par le constructeur de la tenue des paliers des groupes turbo-alternateur en cas de perte d'une ailette terminale, et ce jusqu'à \square % de survitesse.

Enfin, les outils modernes de calcul utilisés par le constructeur sur Flamanville 3 notamment pour la définition des contraintes dans la ligne d'arbres et l'étude de son comportement vibratoire (également réalisé par EDF R&D) permettent un niveau de robustesse bien supérieur au cas des groupes concernés par l'événement susmentionné.

Au regard du référentiel applicable à l'agression missile turbine, l'accident de Porcheville a précédé la rédaction de la Règle Fonctionnement Sûreté I.2.b applicable dans le cadre de l'implantation de la tranche EPR sur le site de Flamanville.

Pour Flamanville 3, les principales mesures de prévention permettant d'écartier le risque d'éclatement du groupe turboalternateur de Flamanville 3 sont présentées ci-dessous.

Les corps haute pression et l'alternateur sont de plus petites dimensions que les corps basse pression. De ce fait, la vitesse d'émission de leurs missiles est potentiellement plus faible. De plus, les stators sont épais et ne peuvent être traversés par des missiles peu énergétiques. Ainsi, les seuls projectiles pris en considération proviennent des parties tournantes des modules basse pression de la turbine.

Ces rotors basse pression sont constitués de plusieurs disques soudés à leur périphérie. Le retour d'expérience international et du parc EDF montre que les rotors conçus et fabriqués selon cette technologie sont bien plus robustes que les rotors frettés.

- Rupture ductile en survitesse

La rupture ductile se produit quand le groupe atteint la survitesse maximale que peuvent supporter les rotors sains sur le plan métallurgique. Cette survitesse d'éclatement ductile est calculée par comparaison entre les contraintes centrifuges et la résistance du matériau considéré. Cette rupture ductile n'est pas prise en compte, compte tenu :

- du bon comportement du rotor et des ailettes pour une survitesse de \square % de la vitesse nominale correspondant à la vitesse de rendement nul de la turbine). L'application du critère d'éclatement global en calcul élastique ainsi qu'un calcul élasto-plastique afin de déterminer l'étendue de la zone plastifiée à 200 % de la vitesse nominale ont montré qu'une rupture ductile ne doit pas se produire pour des vitesses inférieures,
- de la haute fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses,
- de la mise en place d'un dispositif de surveillance des organes d'admission, destiné à en améliorer la fiabilité en décelant préventivement leurs défaillances,
- de l'installation d'un dispositif de hiérarchisation du déclenchement du groupe qui en réduit encore le risque de montée en survitesse.

- Rupture fragile

La rupture fragile se produit pour une vitesse de rotation inférieure à la vitesse d'éclatement ductile, définie précédemment. Ce type de rupture exige la présence d'un défaut critique dont la taille est fonction du champ de contraintes et de la ténacité du matériau.

Le seul processus susceptible de propager un défaut noyé dans la masse d'un disque est la fatigue oligocyclique développée lors des cycles de démarrage - arrêt du groupe.

Ce risque de rupture fragile est considéré comme hautement improbable compte tenu :

- des contrôles de fabrication effectués : la connaissance de la ténacité K1c, de la limite élastique et de la charge de rupture de l'acier utilisé (qui a fait l'objet d'une campagne d'essais), montre que la taille calculée des défauts critiques dans le disque le plus contraint est quelle que soit la vitesse, très supérieures à la taille des défauts limites pouvant être acceptés par le contrôle de fabrication, que ce soit à vitesse nominale ou en survitesse),
- de l'extrême lenteur de la propagation des défauts (les disques pouvant supporter un nombre très important de cycles démarrage-arrêt - \square cycles - alors que la fréquence observée en exploitation n'est que de quelques dizaines de cycles par an),
- du faible écart des contraintes entre l'arrêt et la vitesse nominale (l'amorçage de défauts par fatigue oligocyclique n'est pas à envisager),
- de la surveillance des niveaux vibratoires de la turbine et des vitesses critiques lors des démarrages et des arrêts,
- du risque de corrosion sous contrainte limité par conception sur ce type de rotors. Néanmoins, si ce phénomène devait se produire du fait que le tambour est en contact avec la vapeur humide, des contrôles périodiques lors des révisions permettent de prévenir les risques de propagation de fissures transverses à l'axe et pouvant conduire à l'éclatement du rotor.

6. CONCLUSION GÉNÉRALE SUR LE NIVEAU DE RISQUE DES INSTALLATIONS OBJET DE L'ÉTUDE

L'étude menée permet de conclure que les situations accidentelles envisagées pour les installations objet de l'étude n'ont pas d'effets à l'extérieur des limites du site, excepté pour le risque lié au déversement de substances. Pour se prémunir des déversements accidentels de substances dangereuses ou radioactives liquides dans l'environnement, le confinement des substances déversées est assuré, cela permet ainsi de garantir la maîtrise des risques.

En conclusion, les risques conventionnels que présente l'EPR vis-à-vis des intérêts à protéger sont donc maîtrisés. L'EPR respecte les objectifs de sûreté relatifs à la maîtrise des risques conventionnels.

LISTE DE RÉFÉRENCES

[1] Code de l'Environnement, Livre V, Titre IX, Chapitre III

[2] Article R.593-18 du code de l'environnement

[3] Arrêté du 7/02/2012 fixant les règles générales relatives aux INB

[4] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[5] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2010

[6] Arrêté du 9/08/2013 portant homologation de la décision n° 2013-DC-0360 de l'autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB, modifié par l'arrêté du 5 décembre 2016 portant homologation de la décision n°2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016.

[7] Base ARIA du BARPI

[8] D305118018670 [B] – Recensement des potentiels de dangers de l'îlot nucléaire de FA3 + Bâtiment HX - EDVANCE

[9] D305115097526 [A] – REX externe exploité pour réaliser l'accidentologie dans le cadre de l'étude de risque conventionnel de Flamanville 3 (RDS 3.8)

[10] D305214039548 [A] – EPR FA3 – Note de synthèse du risque d'agression Missile Turbine vis-à-vis de l'implantation d'une tranche EPR sur le site de Flamanville

[11] D305220029584 [A] – Potentiels de dangers internes de l'îlot conventionnel hors HX - CNEPE

[12] ECEIG101911[C] - Etude de risque incendie de l'îlot nucléaire de Flamanville 3 : analyse de l'impact des rejets générés par un incendie sur l'environnement

[13] D305217045174 [B] – Identification des EIPR du domaine incendie

[14] AUD2020NT040 - ERI du BLNC de l'EPR FA3

[15] AUD2020NT038 - ERI de la PEE et du PAS de l'EPR FA3

[16] AUD2020NT039 ERI RTGE : Salle des Machines de l'EPR FA3

[17] AUD2020NT041 ERI RTGE : galerie NC EPR FA3

[18] AUD2020NT034, AUD2020NT035*, AUD2020NT036 : Études de risques Incendie RTGE de la station de Pompage, de l'Ouvrage de Rejet et des galeries techniques classés



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 3

SECTION 8

PAGE 47/71

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

[19] FA3ELY2016FR0081 [A] : Note de synthèse des analyses de sûreté pour l'agression Explosion Interne dans les bâtiments de l'îlot nucléaire

[20] ETD0IG100371 [H] : Note de synthèse des études de risques d'explosion interne dans les bâtiments IC/BOP de l'EPR Flamanville 3

[21] ECEIG101680 [A] : Analyse de sûreté explosion interne dans le local gaz du POE

[22] Rapport Oméga 8 « Feu torche », n° DRA-14-133133-02917A

[23] RDS VD3 1300 TSN - CHAPITRE III- 4.1. DU RDS DU CNPE DE FLAMANVILLE 1-2 "MAITRISE DES RISQUES CONVENTIONNELS"

[24] ENGSIN060237 : Référentiel des exigences de sûreté de protection contre le risque d'explosion interne pour l'EPR

[25] D305116085784 [A] : justification des zones de feu du bâtiment Réacteur de l'EPR FA3

[26] D305218095721 [A] : Analyse des conséquences d'un nuage toxique suite à un déversement d'acide chlorhydrique dans le local CTE de Flamanville 3

[27] ECEIG111309 [B] : Etude de risque incendie du POE de l'EPR FA3 : analyse de l'impact des rejets générés par un incendie sur l'environnement

[28] FA3-DITSNE-2019-FR-0050[A] : Scénarios de l'étude de danger RAUT13121C de 2010 utilisés dans la démonstration de maîtrise du risque conventionnel de Flamanville 3

[29] PWZ15K110041232TIEB – Etude des Risques Incendie RTGE du CCL

[30] ETDOSF100195 [B] – Note EDF- Modélisations de nuage d'ammoniac suite à un incident sur les installations monochloramine du parc

[31] AUD2020NT037 – ERI des Parcs à gaz de l'EPR de Flamanville 3

**TAB-3.8.1 CORRESPONDANCE QUALITATIVE VIS-À-VIS
DU NIVEAU DE PROBABILITÉ**

Niveau de probabilité	Valeur associée	Correspondance qualitative
A	10 ⁻¹	S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
B	10 ⁻²	S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation
C	10 ⁻³	Un événement similaire a déjà été rencontré au niveau mondial dans le secteur d'activité ou dans le type d'organisation étudié, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité
D	10 ⁻⁴	S'est déjà produit dans le secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité
E	10 ⁻⁵	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années, sur l'ensemble des installations similaires en service

TAB-3.8.2 CLASSES DE GRAVITÉ SUR LE PLAN HUMAIN

CLASSES DE GRAVITE	GRAVITE SUR LE PLAN HUMAIN		
	Zone des effets létaux 5%	Zone des effets létaux 1%	Zone des effets irréversibles
G5 - Désastreux	Sort de l'établissement – Plus de 10 personnes exposées	Sort de l'établissement – Plus de 100 personnes exposées	Sort de l'établissement – Plus de 1000 personnes exposées
G4 - Catastrophique	Sort de l'établissement – Moins de 10 personnes exposées	Sort de l'établissement – 10 à 100 personnes exposées	Sort de l'établissement – 100 à 1000 personnes exposées
G3 - Important	Sort de l'établissement – Au plus une personne exposée	Sort de l'établissement – 1 à 10 personnes exposées	Sort de l'établissement – 10 à 100 personnes exposées
G2 - Sérieux	Sort de l'établissement – Aucune personne exposée	Sort de l'établissement – Au plus une personne exposée	Sort de l'établissement – Moins de 10 personnes exposées
G1 - Modéré	Ne sort pas de l'établissement	Ne sort pas de l'établissement	Au plus une personne hors établissement exposée à des effets irréversibles

TAB-3.8.3 ANALYSE DES RISQUES CONVENTIONNELS

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire</p> <p>Bâtiment Réacteur BR</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▷ Charbons Actifs (pièges à iode), ▷ Huiles de lubrification (pompes, moteurs, réducteurs). <p>Analyse des risques :</p> <p><u>Analyse du risque des effets thermiques</u></p> <p>Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place au sein du BR,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment classé de sûreté équipé de murs en béton épais par conception (conçus pour contenir une fuite radioactive), et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. ■ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu <p><u>Analyse du risque des fumées toxiques : analyse approfondie des risques</u></p> <p>Les dispositions particulières au titre du confinement mises en place permettent de considérer que les fumées toxiques en cas d'incendie sont confinées dans le bâtiment. (Cf. Réf [12] et Réf [25])</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Substances radioactives, ▷ Huile de lubrification (moteurs, pompes, réducteurs, pont polaire), ▷ Eau borée, ▷ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>Mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents pour collecter les fuites radioactives et dangereuses, ▷ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive), ▷ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement, ▷ Le fond du bâtiment (sol, fosses, puisards) est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses ou radioactives. <p><input type="checkbox"/> Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement. Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Hydrogène (accumulation dans le pressuriseur). <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Risque pris en compte au titre du référentiel "explosion interne", cf. chapitre 3.4.6. du RDS et note de synthèse explosion interne de l'ilot nucléaire Réf [19].</p> <p>Risque maîtrisé par la sûreté</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque écarté au niveau de l'analyse approfondie des risques.</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Bâtiment Combustible BK</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▷ Charbons Actifs (pièges à iode), ▷ Huiles de lubrification (pompes, moteurs, réducteurs, MSDG). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de part la sectorisation mise en place au sein du BK, ▷ Bâtiment classé de sûreté équipé de murs en béton épais par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive) et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>→ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques dans l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Le scénario d'incendie dans le bâtiment BK est couvert par les scénarios retenus dans la note Réf [12].</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Substances radioactives, ▷ Eau borée, ▷ Huile de lubrification, ▷ Lithine, ▷ Hydrazine, ▷ Acétate de zinc, ▷ Acide borique, ▷ Peroxyde d'hydrogène, ▷ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive), ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents pour collecter les fuites radioactives, chimiques ou drains, ▷ Quantité faible de certains produits (lithine, hydrazine et acétate de zinc, Peroxyde d'hydrogène : Présence de rétentions intermédiaires étanches dimensionnées aux pertes de confinement, ▷ Le fond du bâtiment (sol, fosses, puisards) est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses ou radioactives. <p>Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Acide borique ▷ Produits chimiques : Lithine, Hydrazine, Peroxyde d'hydrogène... <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Pour l'acide borique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Les concentrations en acide borique (7300ppm max.) permettent d'écarter le risque de nuage toxique ou corrosif par épandage. <p>Pour les produits chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ les quantités sont faibles, et les produits peu volatils, aucun impact sur les tiers n'est possible, ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, limitant l'évaporation des produits liquides. <p>Risque interne à l'INB</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Hydrogène (système RCV, système TEG), ▷ Lithine, Hydrazine, Peroxyde d'hydrogène, Acétate de Zinc (Risque de mélange incompatible de produits en amont du système RCV pris en compte à la conception du système par séparation des lignes) <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Risque associé aux mélanges de produits incompatibles :</p> <p>Pris en compte à la conception du système RCV par séparation des lignes en amont du système.</p> <p>→ Risque écarté en AAR</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Risque associé à l'hydrogène :</p> <p>Risque pris en compte au titre du référentiel "explosion interne" cf. chapitre 3.4.6. du RDS et note de synthèse explosion interne de l'ilot nucléaire Réf [19].</p> <p>→ Risque maîtrisé par la sûreté</p> <p>→ Risque écarté en AAR</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire</p> <p>Bâtiment Auxiliaires de Sauvegarde/ Bâtiments Electriques</p> <p>BAS / BL</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques, chargeurs, onduleurs), ↳ Charbons Actifs (pièges à iode), ↳ Huiles de lubrification (pompes, moteurs, réducteurs, MSDG). ↳ Batteries <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Etude de sectorisation des bâtiments : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place au sein du BAS/BL, ↳ Bâtiment classé de sûreté équipé de murs en béton épais par conception , et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. ❌ <p>→ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques:</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques dans l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Dans cette dernière, un scénario enveloppe à l'ilot nucléaire se trouve dans le bâtiment BAS/BL. Il s'agit de l'impact d'un incendie du local batteries HLB2228ZL.</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Soude (bâches de stockages), ↳ Huile de lubrification, ↳ Acide sulfurique des batteries, ↳ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception, ↳ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents pour collecter les fuites radioactives, chimiques ou drains, ↳ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement, ↳ Le fond du bâtiment (sol, fosses, puisards) est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Acide sulfurique des batteries ↳ Soude <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>L'acide sulfurique des batteries à un faible risque d'épandage car il reste confiné dans les batteries, par ailleurs il est très faiblement volatil.</p> <p>La soude à une faible pression de vapeur saturante, elle n'est donc pas à même de provoquer un nuage toxique par épandage.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Hydrogène (batteries). <p>Analyse Approfondie des risques (AAR) :</p> <p>risque pris en compte au titre du référentiel "explosion interne" cf. chapitre 3.4.6. du RDS et note de synthèse explosion interne de l'ilot nucléaire Réf [19].</p> <ul style="list-style-type: none"> → Risque maîtrisé par la sûreté → Risque écarté en AAR <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Bâtiment Auxiliaires Nucléaires BAN</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▫ Huile de lubrification (moteurs, pont, pompes, ...), ▫ Produits de laboratoires, ▫ Solvants et lubrifiants, ▫ Résines, ▫ Déchets TFA, ▫ Charbons actifs (piège à iode). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place au sein du BAN, ▫ Bâtiment classé de sûreté équipés de murs en béton épais par conception (conçus pour contenir une fuite radioactive) et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>→ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques sur l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Un incendie du local HNX1057ZL dans le bâtiment BAN est retenu dans les scénarios majorants.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site, ni d'effets radiologiques supérieurs aux seuils admissibles. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Substances radioactives, ▫ Huile de lubrification, ▫ Produits de laboratoire (hydrate d'hydrazine, peroxyde d'hydrogène, acétate de zinc, lithine), ▫ Acide borique, ▫ Solvants, lubrifiants, ▫ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive), ▫ Quantité des produits de laboratoire faible, et produits stockés dans des armoires étanches et ventilées, ▫ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▫ Présence de rétentions intermédiaires étanches dimensionnées aux pertes de confinement, ▫ Le fond du bâtiment (sol, fosses, puisards) est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses ou radioactives. <p>Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement. Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits de laboratoire (hydrate d'hydrazine, peroxyde d'hydrogène, lithine) ▫ Solvant, décontaminant commercial, ▫ Acide borique. <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Pour les produits de laboratoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ les quantités sont faibles <p>Pour l'acide borique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, limitant l'évaporation des produits liquides. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits de laboratoire (solvants), ▫ Hydrogène (Recombineur du système TEG). <p>Analyse Approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Risque pris en compte au titre du référentiel "explosion interne" cf. chapitre 3.4.6. du RDS et note de synthèse explosion interne de l'ilot nucléaire Réf [19].</p> <ul style="list-style-type: none"> → Risque maîtrisé par la sûreté → Risque écarté en AAR <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Tour d'accès HW</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (Tenues blanches, Matériel informatique, câbles électriques, onduleurs), ▷ Sources, ▷ Produits d'entretien. <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ les effets thermiques d'un incendie de la tour d'accès n'atteignent pas les limites de site. □ <p>Analyse du risque des fumées toxiques sur l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Un incendie dans la tour d'accès HW n'est pas retenu dans les scénarios majorants.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Produits d'entretien et de maintenance, ▷ Huiles usées, ▷ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment étanche par conception, ▷ Produits d'entretien stockés en faible quantité, ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▷ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement risque interne à l'INB.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Produits d'entretien <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Les quantités sont faibles ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, limitant l'évaporation des produits liquides. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Bâtiment de Traitement des Effluents BTE</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▸ Huile de lubrification (moteurs, pont, pompes, ...), ▸ Solvants et lubrifiants, ▸ Résines, ▸ Déchets TFA, ▸ Charbons actifs (piège à iode). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place au sein du BTE. ▸ Bâtiment classé de sûreté équipés de murs en béton épais par conception (conçus pour contenir une fuite radioactive), et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>→ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques sur l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Dans cette dernière, un scénario enveloppe a été retenu dans le BTE/HQ. Il s'agit de l'impact d'un incendie des fûts en PEHD dans le HQA1316ZL.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> substances radioactives ▸ Effluents traités (sortie TEU et TES), ▸ Soude, ▸ Acide nitrique, ▸ Huile de lubrification (moteurs, pont, pompes, ...), ▸ Solvants et lubrifiants, ▸ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive), ▸ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▸ Produits chimiques stockés en quantité limitée sur la tranche EPR, ▸ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement, ▸ Le fond du bâtiment (sol, fosses, puisards) est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses ou radioactives. <p>Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement</p> <p>risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Soude, ▸ Acide nitrique. <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Produits peu volatiles ▸ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception (conçu pour contenir une fuite radioactive), ▸ Produits chimiques stockés en quantité limitée sur la tranche EPR, ▸ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, limitant l'évaporation des produits. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Bâtiments Diesels BD</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles ou armoires électriques), ▷ Huiles de fonctionnement ou lubrification (moteurs, ...), ▷ Fiouls, <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Etude de sectorisation des bâtiments : les effets thermiques ne se propagent pas de part la sectorisation mise en place au sein du BD, ▷ Bâtiments classés de sûreté équipés de murs en béton épais par conception, et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>→ L'impact de l'effet thermique sur les tiers n'est donc pas retenu</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques sur l'ilot nucléaire est portée par la note Réf [12]</p> <p>Dans cette dernière, un scénario enveloppe a été retenu dans le BD. L'incendie du local HDA0A03ZL contenant une bâche à fioul principale</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site, ▷ Le scénario d'incendie de la zone de dépotage Réf [28] est ne dépasse le Seuil des Effets Irréversibles en cas de dispersion des fumées d'incendie. <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Huiles de fonctionnement ou lubrification (moteurs, ...), ▷ Fioul domestique (GNR), ▷ Eaux d'extinction en cas d'incendie, ▷ Acide sulfurique (batterie). <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception, ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▷ Produits chimiques stockés en quantité limitée sur la tranche EPR, ▷ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement, <p>Le fond du bâtiment est conçu pour retenir les fuites de substances dangereuses,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Les aires de dépotage sont étanches et en pente pour éviter toute accumulation d'huile ou de fioul et dimensionnées aux pertes de confinement. Les fuites sont contenues par HX. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Acide sulfurique des batteries. <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>L'acide sulfurique des batteries à un faible risque d'épandage car il reste confiné dans les batteries, par ailleurs il est très faiblement volatil..</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>Hydrogène (batteries).</p> <p>Analyse Approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Risque hydrogène lié aux batteries :</p> <p>Risque pris en compte au titre du référentiel "explosion interne" cf. chapitre 3.4.6. du RDS et note de synthèse explosion interne de l'ilot nucléaire Réf [19].</p> <p>→ Risque maîtrisé par la sûreté</p> <p>→ Risque écarté en AAR</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire Pôle Opérationnel d'Exploitation POE</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Matériaux combustibles (câbles et armoires électriques, palettes, archives, onduleurs), ▫ Huiles de fonctionnement et de lubrification (moteurs, pont, réducteurs, compresseurs), ▫ Produits de laboratoire, ▫ Acétylène (bouteilles). ▫ Oxygène (bouteilles). <p>Analyse des risques : effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits de laboratoire stockés en quantité limitée dans le POE, dans des armoires étanches et ventilées, ▫ Les effets thermiques d'un incendie du POE ne peuvent atteindre les limites de site : □ <p>Effet thermique d'une explosion du local gaz du POE au niveau du POE est étudié dans Réf [21], qui donne une distance de 19 m pour les effets thermiques. Pas d'effets à l'extérieur de site (64 m).</p> <p>→ Scénario écarté au stade AAR</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques est portée par la note Réf [27]</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Huiles de fonctionnement et de lubrification (moteurs, pont, réducteurs, compresseurs), ▫ Produits de laboratoire et de maintenance, ▫ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Bâtiment étanche par conception, ▫ Produits chimiques stockés en quantité limitée, ▫ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▫ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits de laboratoire (hydrate d'hydrazine, peroxyde d'hydrogène, lithine) <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Pour les produits de laboratoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ les quantités sont faibles, ▫ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, limitant l'évaporation des produits liquides. <p>→ Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits de laboratoire, ▫ Acétylène (bouteilles). ▫ Argon (bouteilles), ▫ Azote (bouteilles), ▫ Oxygène (bouteilles), ▫ Hélium (bouteilles), ▫ SF6 (bouteille). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Produits chimiques stockés en quantité limitée pour le laboratoire et pour le poste de soudage. ▫ En dehors de l'acétylène, les autres gaz sont inertes, non explosifs et non inflammable. <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ L'analyse de sûreté vis-à-vis du risque explosion interne au niveau du local gaz du POE a été réalisée dans la note Réf [21]. ▫ L'étude montre que les effets de surpression n'atteignent pas l'extérieur du site (situé à 64 m du POE) et n'ont pas d'impact sur les intérêts protégés. <p>→ Risque écarté au stade AAR</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Acétylène (bouteilles). ▫ Argon (bouteilles), ▫ Azote (bouteilles), ▫ Oxygène (bouteilles). ▫ Hélium (bouteilles), ▫ SF6 (bouteille). <p>Analyse Préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Le risque d'atteinte des tiers par effet missile n'est pas étudié vis-à-vis du risque conventionnel, seul le risque d'effet domino dans un environnement proche est à étudier.</p> <p>Analyse Approfondie des Risques (AAR)</p> <p>Le risque d'effet domino est pris en compte au titre du référentiel « explosion interne ».</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ L'entreposage des bouteilles est délimité par des murs en béton et des parties grillagées permettant de se prémunir contre les effets dominos. <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Nucléaire (pompes mobiles)</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>↳ Huiles de lubrification.</p> <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes :</p> <p>↳ L'étude de risque incendie Réf [12] couvre le risque de dispersion des fumées d'incendie. Il n'y a donc pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>↳ Huiles de lubrification (Pompes).</p> <p>Analyse des risques :</p> <p>Mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <p>↳ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents,</p> <p>↳ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement.</p> <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Salle des Machines SdM</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▫ Huiles/Graisses de lubrification ou de fonctionnement, ▫ Hydrate d'hydrazine, ▫ Résines échangeuses d'ions, ▫ Morpholine / Ethanolamine. <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place, ▫ Bâtiment équipé de murs en béton épais par conception, et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>Analyse du risque des fumées toxiques issues d'un incendie en salle des machines Réf [16] et Réf [13]</p> <p>Les scénarios retenus sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un scénario relatif à des volumes associés principalement à un risque PFG liquide -Un scénario relatif à des volumes associés principalement à un risque hydrazine <p>▫ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site,</p> <p>Une Modélisation complémentaire de l'aire de dépotage « wagon huile » Réf [28] montre que les effets irréversibles n'atteignent pas les limites de site.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Huiles/Graisses de lubrification ou de fonctionnement, ▫ Hydrate d'hydrazine, Ammoniaque, ▫ Morpholine / Ethanolamine, ▫ Phosphate trisodique, ▫ A3F, ▫ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Bâtiment étanche par conception, ▫ Produits chimiques stockés en quantité limitée sur la tranche EPR, ▫ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▫ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses ou radioactives de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Ammoniaque ▫ Fluide frigorigère (groupe froid). ▫ Morpholine ▫ Ethanolamine ▫ Hydrazine, <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>cf. § 4.2.2.3.1.2.</p> <p>Seul l'ammoniaque est fortement volatil aux températures considérées.</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR)</p> <p>Sur la base d'une étude menée sur les installations en fonctionnement dont les quantités d'ammoniaque et les surfaces d'étalement sont supérieures à celles de Flamanville 3, la distance d'effet au SEI maximale obtenue est de 60 m. Or, sur Flamanville3, les limites de site sont à plus de 190 m du lieu de stockage de l'ammoniaque.</p> <p>▫ Le risque d'avoir un dépassement du seuil des effets irréversibles (SEI) est écarté</p> <p>▫ Il n'y donc pas d'impact sur les intérêts au vu de la distance vis-à-vis des limites de site (plus de 190 m).</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Hydrogène (Système GRV), ▫ Ammoniaque. ▫ Ethanolamine diluée <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>▫ Scénario quantifié en cas de séisme ou une RTHE dans les études faite dans le cadre du référentiel "explosion interne" Réf [24]: rupture de la ligne de vidange de l'alternateur du GTA et vidange de l'hydrogène contenu dans l'alternateur.</p> <p>→ Scénario maîtrisé par la sûreté.</p> <p>Quantification du scénario :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Modélisation d'un feu dans le jet lors de la fuite d'hydrogène. Les distances d'effets sont insuffisantes pour atteindre l'environnement extérieur. <p>Risques internes à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Groupe Turbo-Alternateur. <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Le risque d'atteinte des tiers par effet missile n'est pas étudié vis-à-vis du risque conventionnel, seul le risque d'effet domino dans un environnement proche est à étudier.</p> <p>Analyse Approfondie des Risques (AAR) :</p> <p>Des mesures sont prises à la conception pour prévenir le risque d "éclatement de la turbine" (cf. § 5.2.6.).</p> <p>Le risque de rupture ductile et de rupture fragile est étudié au titre de la RFS1.2.b.</p> <p>→ Risque maîtrisé par la sûreté</p> <p>→ Risque écarté au stade AAR</p> <p>Le risque d'émission de projectiles n'est pas retenu</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Bâtiment Electrique Non Classé BLNC</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▷ Huiles/Graisses de lubrification ou de fonctionnement. ▷ Eau Glycolée ▷ Fluide frigo R407C <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets ne se propage pas de par la sectorisation mise en place, ▷ Bâtiment équipé de murs en béton épais par conception, et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>Analyse du risque des fumées toxiques dans le BLNC est portée par les notes Réf [14] et Réf [13]</p> <p>Les scénarios retenus sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - incendie dans le SFI contenant le local batteries - incendie dans le SFI contenant la zone de stockage matériel - incendie dans le local tableaux HTA/BT contenant la zone de stockage matériel <p>▷ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Huiles/Graisses de lubrification ou de fonctionnement, ▷ Acide sulfurique des batteries, ▷ Eau glycolée (groupe froid), ▷ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment étanche par conception, ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▷ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Fluide caloporteur - gaz à effet de serre (groupes froids). ▷ Eau glycolée. ▷ Acide sulfurique des batteries <p>Analyse préliminaire des risques :</p> <p>Fluide caloporteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas de risque de nuage toxique pour les tiers. - Pour l'environnement, le respect des exigences réglementaires et les mesures prises à la conception permettent de maintenir le risque à un niveau acceptable. <p>Eau glycolée : cette eau de part sa concentration et sa composition est faiblement volatile ne laissant pas craindre un impact sur les tiers en cas d'épandage accidentel.</p> <p>Acide sulfurique : ce dernier est confiné dans les batteries, le risque d'épandage est limité par ailleurs il est très faiblement volatil.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>Hydrogène (batteries), Bouteilles d'azote.</p> <p>Analyse Approfondie des risques (AAP) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour l'hydrogène (batteries) : <p>Risque pris en compte au titre du « référentiel « explosion interne » Réf [24] ».</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les bouteilles d'azote : risque analysé dans la note Réf [20] <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Plate-Formes d'Evacuation d'Energie PEE (HT/HJ)</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Matériaux combustibles (câbles électriques, ...), ↳ Huiles de fonctionnement (transformateurs à huile, pompes). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Etude de sectorisation : les effets ne se propagent pas, ↳ Mise en casemate bétonnée et coupe-feu des transformateurs de la plate-forme.[] <p>Analyse du risque des fumées toxiques suite à incendie au niveau du PEE est portée par les notes Réf [15], Réf [13] et Réf [28]</p> <p>Les scénarios retenus (risque huile) sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - incendie dans la ZFI de chaque pôle du TP/TS/ TA en milieu ouvert et fermé - incendie dans la ZS de l'aire de dépotage TS/TA - incendie dans la ZFI du PAS (Poste Aéro-Souterrain) - Incendie des zones de maintenance <ul style="list-style-type: none"> ↳ Présence de rétentions étanches et en pente pour éviter toute accumulation d'huile au niveau des aires de dépotage et dimensionnées aux pertes de confinement. ↳ Les études de risque incendie montrent que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site, <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Huiles de fonctionnement (transformateurs à huile, pompes), ↳ Eaux d'extinction en cas d'incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ↳ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Huile de fonctionnement des transformateurs de type Nytro 4000 X <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>L'huile est confiné dans les transformateurs, le risque d'épandage est limité par ailleurs cette huile n'est pas un produit volatil.</p> <p>Le risque de nuage toxique associé à cette huile suite à épandage peut donc être écarté</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Huiles de fonctionnement (transformateurs à huile) de catégorie C <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Point éclair est environ 144°C > 55° C : liquide inflammable ne peut être source d'explosion conformément au référentiel explosion interne Réf [24]. ↳ Mise en place d'une segmentation de pression dans les transformateurs qui permet d'exclure tout risque d'explosion des matériels. <p>Risque écarté au stade AAR sur l'INB par conception des transformateurs</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Bâtiment Parc à gaz HZH / HZO</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Matériaux combustibles (câbles électriques, ...), ▫ Hydrogène (bouteilles et circuit). ▫ Oxygène <p>Analyse des risques : effets thermiques</p> <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Pour les parcs à gaz, les effets thermiques sur les tiers ne peuvent être exclus au stade de l'analyse préliminaire des risques, ils sont donc étudiés en analyse détaillée.</p> <p>L'étude de risque incendie est portée par la note Réf [31]</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Risque identifié au niveau du flexible du circuit H2 pouvant potentiellement avoir des conséquences (effets thermiques extérieurs à l'INB)</p> <p>Scénarios enveloppe retenus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuite d'H₂ depuis le flexible - Eclatement de bouteille d'H₂ et de N₂ <p>Quantification des scénarios :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Modélisation d'un feu de jet lors de la fuite d'hydrogène ▫ Modélisation de la boule de feu associée à un éclatement de bouteille ▫ Modélisation d'un flash fire lors d'une fuite d'hydrogène <p>Distances d'effets au SEI insuffisantes pour atteindre l'environnement extérieur. Distance / limite de site est de 304 m pour HZH et 283 m pour HZO.</p> <p>Les effets dominos sont sans conséquences</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ La combustion d'H₂ ne produit pas de fumées toxiques, <p>Mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Pour le circuit, canalisations hydrogène double-enveloppes, sans singularité équipées d'un dispositif de détection de fuite et circulant dans des galeries bétonnées classées de sûreté, ▫ Pour les bouteilles : 	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Hydrogène (bouteilles sous pression et circuit SKZ, GRV, SGH), ▫ Argon (bouteilles sous pression HZO), ▫ Oxygène (bouteilles sous pression HZO), ▫ Azote (bouteilles sous pression et circuit SGH/SKZ). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Le stockage de bouteilles de gaz, qui ne peuvent être exclu au stade de l'analyse préliminaire et nécessitent la définition de scénarios enveloppe et l'analyse détaillée de ces derniers ;</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Scénarios enveloppes retenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rupture franche du flexible de liaison entre un cadre de bouteille d'H₂ et la canalisation d'alimentation du détenteur - L'éclatement de bouteille d'H₂ - L'éclatement de bouteille d'N₂ <p>Quantification du scénario :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Modélisation d'une explosion du nuage d'hydrogène contenant l'inventaire d'un cadre de bouteilles : distances d'effets insuffisantes pour atteindre l'environnement extérieur. ▫ Modélisation de l'éclatement de bouteille d'H₂ ▫ Modélisation de l'éclatement de bouteille d'azote <p>Distances d'effets au SEI insuffisantes pour atteindre l'environnement extérieur.</p> <p>Les effets dominos sont sans conséquences.</p> <p>Mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Pour le circuit, canalisations hydrogène double-enveloppes, sans singularité équipées d'un dispositif de détection de fuite et circulant dans des galeries bétonnées classées de sûreté, ▫ Pour les bouteilles : <p>Aires de chargement et de déchargement des camions à l'écart des parcs d'entreposage.</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Hydrogène (bouteilles sous pression et circuit), ▫ Argon (bouteilles sous pression), ▫ Oxygène (bouteilles sous pression), ▫ Azote (bouteilles sous pression). <p>Analyse Préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Le risque d'atteinte des tiers par effet missile n'est pas étudié vis-à-vis du risque conventionnel, seul le risque d'effet domino dans un environnement proche est à étudier.</p> <p>Analyse Approfondie des Risques (AAR)</p> <p>Le risque d'effet domino est pris en compte au titre du référentiel « explosion interne ».</p> <p>La présence de casemates béton et de grilles anti-projectiles pour contenir les fragments permettent de prévenir ce risque.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>

Respect des exigences réglementaires pour le transport routier des bouteilles de gaz et des normes applicables,
 Contrôle régulier des appareils à pression et existence de procédures de remplissage et de dépotage,
 Aires de chargement et de déchargement des camions à l'écart des parcs d'entreposage.

Scénario à effets internes à l'INB

Conclusion sur l'acceptabilité du risque :

Risque acceptable

Les risques présentés par l'hydrogène et l'azote dans le parc à gaz sont donc acceptables

Scénario à effets internes à l'INB

Conclusion sur l'acceptabilité du risque :

Risque acceptable

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Station de Pompage SdP</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles et armoires électriques), ▷ Huiles de fonctionnement (pont roulant, moteurs, pompes), ▷ Huiles et graisse de lubrification (Moyeux, ...). <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place, ▷ Bâtiment classé de sûreté équipé de murs en béton épais par conception, et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site, <p>□</p> <p>Analyse du risque des fumées toxiques à l'issu d'un incendie au niveau de la Station de Pompage est portée par les notes Réf [18] et Réf [13]</p> <p>Les scénarios d'incendie retenus pour la station de pompage sont relatifs à des volumes associés principalement à un risque huile.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Huiles de fonctionnement (pont roulant, moteurs, pompes), ▷ Huiles de lubrification (Moyeux, ...), ▷ Hypochlorite de sodium (Système CTE), ▷ Acide chlorhydrique, ▷ Eaux d'extinction incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Bâtiment classé de sûreté étanche par conception, ▷ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ▷ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Fluide frigorigène - R134A (groupes froids). ▷ Graisse et Huiles de lubrification ▷ Acide chlorhydrique (nettoyage des électrolyseurs) ▷ Hypochlorite de sodium. <p>Analyse préliminaire des risques (APR) :</p> <p>Excepté pour l'acide chlorhydrique, les produits sont peu ou pas volatils et en quantité limitée à permet d'écartier le risque d'atteinte des tiers par nuage toxique ou corrosif.</p> <p>Analyse approfondie des risques (AAR)</p> <p>L'analyse détaillée pour l'acide chlorhydrique est portée par la note Réf [26].</p> <p>Modélisation du nuage toxique</p> <p>L'étude montre que le seuil des effets irréversibles n'atteint pas les limites de site. Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Hydrogène (local CTE). <p>Analyse approfondie des risques (AAR) :</p> <p>Les modélisations d'explosion du local CTE Réf [20] sans barrières montrent qu'en cas d'accident, les effets thermiques et de surpression n'atteignent pas les limites de site et n'impactent pas les intérêts.</p> <p>Mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Séparation géographique grâce à des voiles béton présents autour de la salle abritant le système CTE et permettant de limiter localement les effets d'une explosion d'hydrogène. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Ilot Conventionnel Ouvrage de Rejet HC</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Matériaux combustibles (câbles et armoires électriques), ↳ Huiles et graisse de lubrification (Pompes). ↳ Sulfure d'hydrogène (bennes à déchets) <p>Analyse des risques :</p> <p>Analyse du risque des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Etude de sectorisation du bâtiment : les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place, ↳ Bâtiment équipé de murs en béton épais par conception, et éloigné des limites de site. Le flux thermique n'atteint pas l'extérieur du site. □ <p>Analyse du risque des fumées toxiques issues d'un incendie dans l'ouvrage de rejet est portée par les notes Réf [18] et Réf [13]</p> <p>Les scénarios d'incendie retenus pour l'ouvrage de rejet sont relatifs à des volumes associés principalement à un risque huile (cf Réf [18]).</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ L'étude de risque incendie montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Huiles de lubrification (Pompes). <p>Analyse des risques :</p> <p>mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Bâtiment étanche par conception, ↳ Mise en place d'un réseau de récupération et de traitement des effluents, ↳ Présence de rétentions étanches dimensionnées aux pertes de confinement. <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement.</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Sulfure d'hydrogène (bennes à déchets). ↳ Fluide frigorigène (R134A) – groupe froid ↳ Fluide réfrigérant (groupe froid). <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Conception du système permettant l'évacuation des déchets dans toutes les situations, y compris en cas d'arrivée massive de déchets, ↳ Evacuation en continu des déchets empêchant la formation du sulfure d'hydrogène. <p>Risque écarté par conception</p> <p>Pour le fluide frigorigène et le fluide réfrigérant :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Mesures prises à la conception <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Sulfure d'hydrogène (bennes à déchets), ↳ Hydrogène (galeries des canalisations SKZ et GRV de transport d'hydrogène). <p>Analyse préliminaire des risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Pour le sulfure d'hydrogène : <p>Conception du système permettant l'évacuation des déchets dans toutes les situations, y compris en cas d'arrivée massive de déchets,</p> <p>Evacuation régulière des déchets empêchant la formation du sulfure d'hydrogène.</p> <p>Risque écarté au stade de l'analyse préliminaire des risques</p> <p>Analyse Approfondie des risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Pour l'hydrogène, canalisations double-enveloppes, sans singularité équipées d'un dispositif de détection de fuite et circulant dans des galeries bétonnées classées, <p>Risque écarté au stade de l'analyse approfondie des risques (risque géré par des dispositions prises au titre de la sûreté historique)</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Décanteur, Déshuileur et Bassin de confinement HX</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>▷ Produits acheminés vers les différents bassins, fonction des potentiels présents dans les autres bâtiments.</p> <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <p>▷ Bâtiment enterré aux deux-tiers permettant le confinement des eaux d'extinction d'incendie, (déshuileur et bassin de confinement),</p> <p>▷ La quantité d'effluents présents dans le bassin est suffisamment importante pour que la dilution neutralise l'incompatibilité des produits et leur caractère inflammable. Aucun risque d'incendie.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>▷ Produits acheminés vers les différents bassins, fonction des potentiels présents dans les autres bâtiments,</p> <p>▷ Eaux d'extinction incendie.</p> <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <p>▷ Le fond du HX est étanche. Les produits sont confinés dans le bassin en cas d'incident et permettent de ne pas rejeter en cas de concentration de polluants supérieure à la limite réglementaire.</p> <p>Les manoeuvres à réaliser en cas de situation d'urgence font partie des procédures d'urgence environnementale.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Non Concerné</p>

Installation objet de l'étude	Effets thermiques et formation d'un nuage toxique lié aux fumées résultant d'un incendie	Déversement liquide résultant de la rupture de confinement de produits dangereux	Dispersion aérienne résultant de la rupture du confinement de produits dangereux	Onde de surpression aérienne générée par une explosion	Emission de projectiles
<p>Centre de Crise Local (CCL)</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Matériaux combustibles (câbles électriques, armoires électriques), ▷ Huiles/Graisses de lubrification ou de fonctionnement, ▷ Fioul. <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place Réf [29] :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ les effets thermiques ne se propagent pas de par la sectorisation mise en place, ▷ L'étude de risque incendie Réf [29] montre que la dispersion des fumées d'incendie ne génère pas d'effet toxique supérieur au Seuil des Effets Irréversibles pour l'Homme au-delà des limites de site. <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ Fioul, ▷ Huile, ▷ Eau borée, ▷ Acide sulfurique (batteries), ▷ Fluide frigorigène, ▷ Eaux d'extinction incendie. <p>Analyse des risques :</p> <p>Etudes existantes et mesures de maîtrise des risques mises en place :</p> <p>Confinement des substances dangereuses de par les équipements et ouvrages ultimes, faisant barrière avec l'environnement</p> <p>risque interne à l'INB.</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p> <p>Conclusion sur l'acceptabilité du risque vis-à-vis des intérêts protégés :</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>	<p>Sources potentielles de dangers :</p> <p>Hydrogène (batteries).</p> <p>Risque interne à l'INB</p> <p>Risque acceptable</p>	<p>Non Concerné</p>

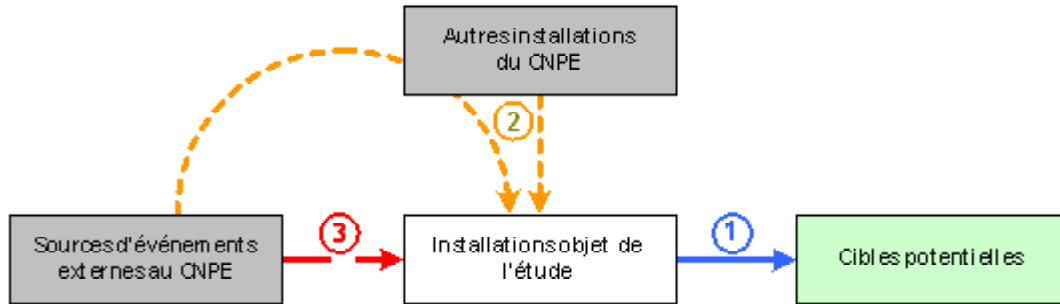
FIG-3.8.1 CHEMINS D'ATTEINTE DES CIBLES POTENTIELLES

FIG-3.8.2 PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

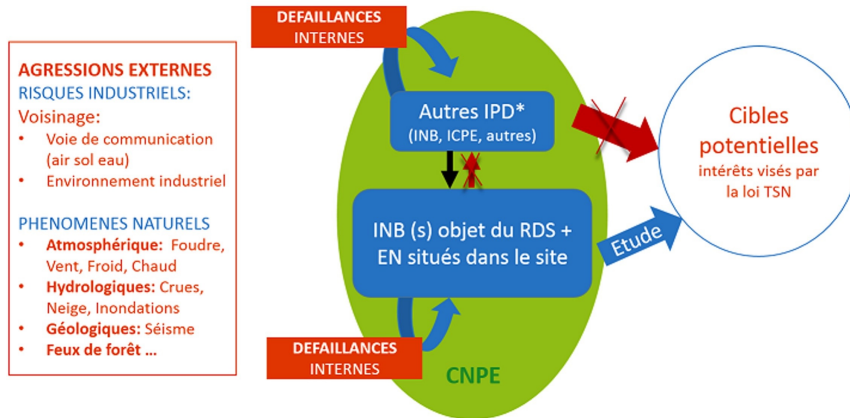


FIG-3.8.3 DIAGRAMME MÉTHODOLOGIQUE DE DÉROULEMENT DE L'ANALYSE DE RISQUES CONVENTIONNELS

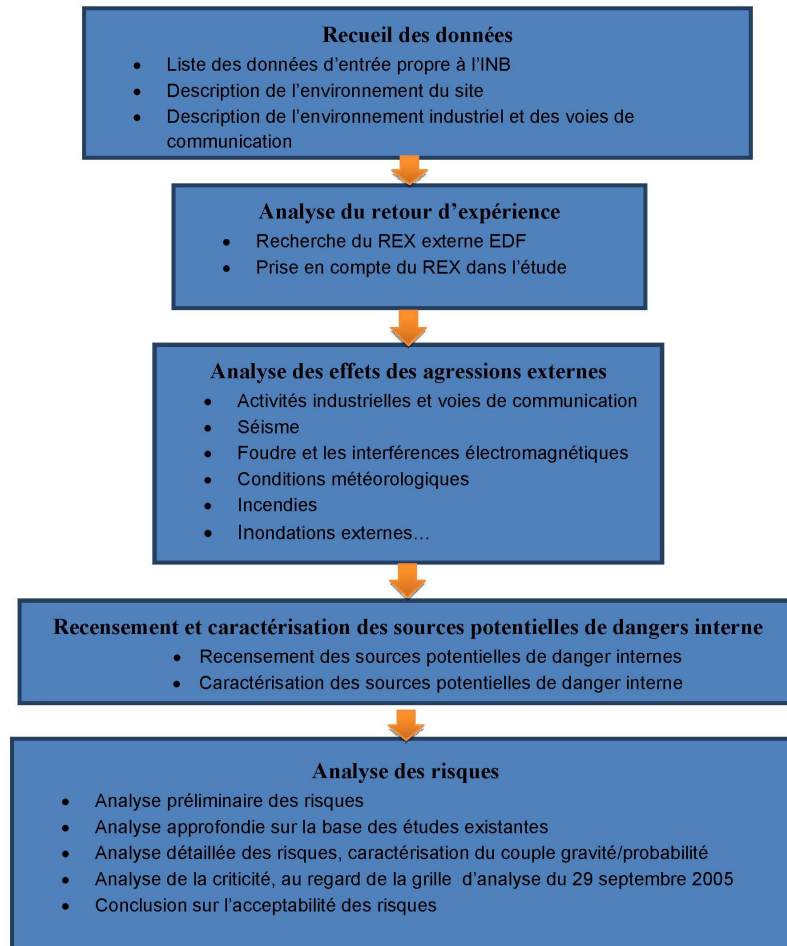


FIG-3.8.4 MATRICE PROBABILITÉ-GRAVITÉ

GRAVITE	PROBABILITE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
5 - Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
4 - Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
3 - Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
2 - Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
1 - Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

SOMMAIRE

.3.9 ACCESSIBILITÉ POST-ACCIDENTELLE COURT ET MOYEN TERME	2
0. OBJECTIF DE SÛRETÉ	2
1. PRISE EN COMPTE DE L'ACCESSIBILITÉ À LA CONCEPTION	2
2. VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ DES ACTIONS MANUELLES LOCALES REQUISES À COURT ET MOYEN TERME EN SITUATIONS ACCIDENTELLES	2
2.1. MÉTHODOLOGIE DE VÉRIFICATION / RÈGLES D'ÉTUDES	2
2.1.1. IDENTIFICATION DES ACTIONS LOCALES	2
2.1.2. CONDITIONS D'AMBIANCE SUSCEPTIBLES D'ÊTRE RENCONTRÉES	3
2.1.3. CRITÈRES D'ACCESSIBILITÉ ASSOCIÉS AUX CONDITIONS D'AMBIANCE	4
2.1.4. ANALYSE DES CHEMINEMENTS ET DE LEUR VIABILITÉ	4
2.1.5. ANALYSE DE L'ACCESSIBILITÉ VIS-À-VIS DES CONDITIONS D'AMBIANCE RADIOLOGIQUE	5
2.2. RÉSULTATS DES ÉTUDES D'ACCESSIBILITÉ POST- ACCIDENTELLE COURT TERME ET MOYEN TERME	5
2.2.1. ANALYSE DES CHEMINEMENTS	5
2.2.2. ANALYSE DE LA FAISABILITÉ DES ACTIONS MANUELLES LOCALES VIS-À-VIS DES CONDITIONS D'AMBIANCE RADIOLOGIQUE	5
3. CONCLUSION	6

.3.9 ACCESSIBILITÉ POST-ACCIDENTELLE COURT ET MOYEN TERME

0. OBJECTIF DE SÛRETÉ

Dans certaines situations identifiées dans le chapitre 15 (transitoires PCC), dans le sous-chapitre 19.1 (transitoires RRC-A) ou dans le sous-chapitre 19.2 (situation d'accident grave), des actions manuelles locales court terme et moyen terme sont identifiées comme participant à la mitigation de ces situations.

L'objet de ce sous-chapitre est de montrer que, malgré d'éventuelles conditions d'ambiance dégradées dans les locaux de l'installation ou sur le site, l'accessibilité est vérifiée pour ces actions manuelles locales.

L'accessibilité post accidentelle pour les actions à long terme est traitée dans le sous-chapitre 12.5 du rapport de sûreté.

1. PRISE EN COMPTE DE L'ACCESSIBILITÉ À LA CONCEPTION

Lors de la conception, des dispositions de conception et d'installation sont mises en œuvre pour faciliter l'accessibilité dans les locaux :

- Les bâtiments possèdent plusieurs accès.
- Les escaliers des bâtiments sont encloués.
- A chaque niveau, les couloirs distribuent un accès direct aux locaux.
- Les organes à manœuvrer en local ne sont pas installés directement dans les locaux contenant des circuits véhiculant du fluide primaire.
- Les cellules électriques sont conçues pour être actionnées en local si nécessaire par une boîte à bouton.
- Les équipements sont pourvus d'un marquage permettant leur identification rapide.

2. VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ DES ACTIONS MANUELLES LOCALES REQUISES À COURT ET MOYEN TERME EN SITUATIONS ACCIDENTELLES

2.1. MÉTHODOLOGIE DE VÉRIFICATION / RÈGLES D'ÉTUDES

2.1.1. Identification des actions locales

Les fonctions de sûreté à mettre en œuvre pour la gestion des situations incidentelles / accidentelles du chapitre 15 et des sous-chapitres 19.1 et 19.2 sont celles définies dans le sous-chapitre 3.2 du RDS.

Certaines de ces fonctions s'appuient sur des actions manuelles locales ne pouvant pas être initiées à partir de la salle de commande. Il s'agit d'actions opérateurs qui doivent être réalisées directement auprès d'organes mécaniques ou électriques à l'extérieur de la salle de commande.

L'identification des actions manuelles locales est issue de la liste des fonctions de sûreté.

2.1.2. Conditions d'ambiance susceptibles d'être rencontrées

Les conditions d'ambiance pouvant être générées par une situation accidentelle et susceptibles d'empêcher la réalisation d'une action manuelle locale sont les suivantes :

- Conditions d'ambiance radiologique dans les locaux de l'îlot nucléaire et sur le site

Des conditions d'ambiance radiologique dégradées peuvent survenir dans les locaux de l'îlot nucléaire et/ou sur le site lorsque :

- une situation accidentelle associée à la chaudière est susceptible de conduire à une dégradation du combustible et/ou à une perte d'intégrité d'un circuit contenant du fluide primaire,
- une situation accidentelle associée au combustible en piscine de désactivation est susceptible de conduire à l'ébullition de la piscine BK ou à la vidange partielle de la piscine BK,
- une situation accidentelle associée au combustible dans le BK est susceptible de conduire à un accident de manutention.

L'ambiance radiologique dans les bâtiments périphériques au BR et sur le site est définie par les débits de dose efficaces par inhalation et par les débits d'équivalent de dose reçus par un travailleur, qui sont la somme de trois voies d'exposition externe :

- débits d'équivalent de dose par exposition au panache radioactif,
- débits d'équivalent de dose par exposition au dépôt radioactif,
- débits d'équivalent de dose par irradiation directe d'un équipement véhiculant ou stockant un fluide contaminé.

La détermination des débits d'équivalent de dose liés à l'irradiation directe induits par un équipement véhiculant ou stockant un fluide contaminé repose sur la connaissance de ses caractéristiques (activité, dimensions, ...).

La détermination des débits d'équivalent de dose liés à l'irradiation directe du combustible dans la piscine de stockage du combustible usé repose notamment sur la hauteur de la lame d'eau encore présente au-dessus des assemblages en cas de vidange partielle.

Pour l'exposition au panache radioactif dans le cadre d'une situation accidentelle intervenant dans le BR, la détermination des débits de dose liés à la phase gazeuse de l'enceinte et son transfert aux bâtiments périphériques dans les locaux est menée selon 3 étapes :

- Etape 1 : détermination des activités $A(i, t)$ des radionucléides i présents dans le réfrigérant primaire dans les états stables et lors des transitoires de puissance pour les situations accidentelles sans rupture de gaine ou détermination des activités des radionucléides présents dans le cœur du réacteur dans les situations accidentelles avec rupture de gaines ou fusion du combustible (détermination de l'inventaire cœur à un temps t après la chute des barres),
- Etape 2 : Transfert des activités : estimation de la migration des radionucléides i depuis le réfrigérant primaire voire directement depuis le cœur vers les locaux dont l'accessibilité est à vérifier,
- Etape 3 : Transport du rayonnement : estimation des débits de dose générés dans les bâtiments périphériques et sur le site par irradiation interne et/ou externe par le radionucléide i .

Les hypothèses retenues à chacune des étapes reposent sur :

- les données de fonctionnement des ventilations,
- des approches conservatives en conformité avec la méthodologie de calcul des conséquences radiologiques,
- des approches réalistes du transfert des produits de fission du cœur vers les bâtiments périphériques, en particulier de la répartition des fuites gazeuses de l'enceinte,

- des hypothèses réalistes de la contamination des bâtiments périphériques et du site.

- Conditions d'ambiance liées à la perte d'intégrité d'un circuit fluide situé en dehors du bâtiment réacteur
Plusieurs transitoires postulent des brèches de circuit en dehors du bâtiment réacteur qui peuvent conduire à des relâchements d'eau et/ou à des augmentations de pression et température dans les locaux.
Les études d'inondation induite par PCC (sous-chapitre 3.4 du RDS) identifient les éventuels locaux affectés en dehors du bâtiment réacteur par l'inondation ainsi que l'évaluation de la hauteur d'eau correspondante.
Les études RTHE induite par PCC (sous-chapitre 3.4 du RDS) identifient les éventuels locaux affectés en dehors du bâtiment réacteur par des effets de pression et/ou de température.
- Conditions d'ambiance liées à l'ébullition de la piscine de désactivation
En cas d'ébullition de la piscine de désactivation du combustible, des conditions dégradées en pression, température et ambiance radiologique peuvent apparaître dans le hall de la piscine BK.

2.1.3. Critères d'accessibilité associés aux conditions d'ambiance

Ambiance radiologique

Les chapitres 12.0 et 12.5 du RDS présentent le cadre réglementaire associé à la radioprotection des travailleurs sur lequel est basé la conception de l'EPR.

Le sous-chapitre 12.5 du RDS fournit une définition de la situation d'urgence radiologique.

Ce sous-chapitre détaille également les valeurs repères du cadre réglementaire du Code du Travail sur la base desquelles est analysée l'accessibilité post-accidentelle.

L'analyse de l'accessibilité post-accidentelle des actions locales requises à court et moyen terme en PCC et RRC-A est faite sur la base d'une valeur repère de la dose totale pouvant être reçue par action de 20 mSv corps entier.

L'analyse de l'accessibilité post-accidentelle des actions locales requises à court et moyen terme en accident grave est faite sur la base d'une valeur repère de la dose totale pouvant être reçue par action de 100 mSv corps entier. Cette valeur permet de maintenir, dans la mesure du possible, l'exposition des travailleurs en dessous des limites et niveaux de référence associés à la situation d'urgence radiologique.

Ambiance liée à la perte d'intégrité d'un circuit fluide situé en dehors du bâtiment réacteur

Lorsqu'un local est affecté par le relâchement d'eau en dehors du bâtiment réacteur (inondation induite par PCC/RRC), il reste accessible si la hauteur d'eau est inférieure ou égal à 10cm.

Lorsqu'un local est affecté par une augmentation en pression et/ou en température, le local est considéré non accessible.

Ambiance liée à l'ébullition piscine

En cas d'ébullition piscine, le hall de la piscine BK est considéré non accessible.

2.1.4. Analyse des cheminements et de leur viabilité

Pour chaque organe à manœuvrer dans le cadre d'une action locale manuelle, une analyse est menée afin de vérifier qu'il existe au moins un cheminement accessible vis-à-vis des conditions d'ambiance liées à la perte d'intégrité d'un circuit fluide situé en dehors du bâtiment réacteur et des conditions d'ambiance liées à l'ébullition piscine.

Les cheminements traversant des locaux soumis à des ambiances dégradées en pression/ température ou des locaux affectés par une hauteur d'eau de plus de 10cm ne sont pas retenus (voir les critères d'accessibilité ci avant).

2.1.5. Analyse de l'accessibilité vis-à-vis des conditions d'ambiance radiologique

La méthodologie consiste à évaluer les débits de dose externe et inhalation par bâtiment ainsi que sur le site pour différents temps après l'entrée dans chaque transitoire faisant appel à une fonction de sûreté s'appuyant sur une action locale manuelle.

Sur la base des cheminements retenus dans l'étape précédente, les débits de dose sont intégrés en fonction du temps de parcours et du temps de réalisation de la manœuvre pour chaque action.

La dose intégrée totale est comparée aux valeurs présentées au [§ 2.1.3.](#)

2.2. RÉSULTATS DES ÉTUDES D'ACCESSIBILITÉ POST-ACCIDENTELLE COURT TERME ET MOYEN TERME

2.2.1. Analyse des cheminements

Pour chaque organe à manœuvrer dans le cadre d'une action locale manuelle, l'étude montre qu'il existe un cheminement viable vis à vis des conditions d'ambiance liées à la perte d'intégrité d'un circuit fluide situé en dehors du bâtiment réacteur et des conditions d'ambiance liées à l'ébullition piscine.

Pour le transitoire 15.2.3t Rupture de tuyauterie isolable sur un circuit connecté à la piscine de désactivation (voir sous-chapitre 15.2), le cheminement pour aller manœuvrer les organes d'isolement est affecté par l'inondation induite par ce transitoire mais la hauteur d'eau reste compatible avec l'accès et la manœuvre de l'organe.

2.2.2. Analyse de la faisabilité des actions manuelles locales vis-à-vis des conditions d'ambiance radiologique

Pour l'analyse de l'accessibilité vis-à-vis des conditions radiologiques, deux cas sont à distinguer :

En situation PCC et RRC-A, les résultats obtenus montrent que l'installation est conçue de telle manière que les actions manuelles locales nécessaires au retour et au maintien en état sûr du réacteur ne soient pas compromises en termes de dose totale corps entier au travailleur. Ceci est valable dès le début de l'accident et que ce soit avec ou sans protection respiratoire.

Les doses théoriques reçues par action requise en PCC et RRC-A sont toutes inférieures à la valeur repère de 20 mSv basée sur le cadre réglementaire mentionné ci avant.

En situation d'accident grave, au sein des bâtiments périphériques du bâtiment réacteur , le niveau des débits de dose inhalation ne permet pas la réalisation d'action en local sans l'utilisation de protection respiratoire individuelle dans les premiers jours suivants l'accident grave. Cette protection respiratoire consiste en l'utilisation d'un masque à cartouche, chaque agent de terrain en quart disposant d'un masque à cartouche ainsi que de cartouches filtrantes (aérosols et iode) de type P3. L'utilisation d'un masque à cartouche permet de diminuer notablement les débits de dose inhalation. Le piégeage des radionucléides sur les cartouches filtrantes qui contribue à un débit de dose externe supplémentaire est pris en compte dans l'étude. Les efficacités de filtration considérées sont 500 pour les aérosols dont l'iode particulaire et l'iode moléculaire et 50 pour l'iode organique avec une étude de sensibilité avec des facteurs de protection à 250 et 25.

Les doses théoriques reçues par action requise en accident grave sont toutes inférieures à la valeur repère de 100 mSv en situation d'urgence radiologique mentionnée ci-avant.

L'accessibilité est donc vérifiée pour toutes les actions locales vis-à-vis des conditions d'ambiance radiologique.

3. CONCLUSION

L'étude montre que la réalisation des actions manuelles locales court terme et moyen terme en support de certaines situations identifiées dans le chapitre 15 (transitoires PCC), dans le sous-chapitre 19.1 (transitoires RRC-A) ou dans le sous-chapitre 19.2 (Situation d'accident grave) n'est pas remise en cause par d'éventuelles conditions d'ambiance dégradées :

- Il existe toujours au moins un chemin viable pour la réalisation des actions manuelles.
- Les débits de dose sont compatibles avec la réalisation des actions requises et les doses théoriques reçues lors de la réalisation de ces actions sont cohérentes avec les valeurs repères basées sur le cadre réglementaire du Code du Travail.

SOMMAIRE

.3.ANNEXE3	CODES DE CALCUL UTILISÉS DANS LE CHAPITRE 3	5
1.	<input type="checkbox"/>	5
2.	<input type="checkbox"/>	5
3.	<input type="checkbox"/>	5
3.1.	DESCRIPTION DU CODE	5
3.2.	MÉTHODOLOGIE	5
3.3.	DOMAINE D'UTILISATION	5
3.4.	QUALIFICATION DU CODE	5
3.5.	APPLICATION	5
4.	<input type="checkbox"/>	5
5.	<input type="checkbox"/>	5
6.	<input type="checkbox"/>	5
7.	<input type="checkbox"/>	5
7.1.	DESCRIPTION DU CODE	6
7.2.	DOMAINE D'UTILISATION	6
7.3.	QUALIFICATION DU CODE	6
7.4.	APPLICATION	6
8.	<input type="checkbox"/>	6
9.	<input type="checkbox"/>	6
9.1.	ANALYSE DE NOCIVITÉ <input type="checkbox"/>	6
9.2.	ANALYSE D'UNE ZONE <input type="checkbox"/>	6
9.3.	VERSION	6
10.	<input type="checkbox"/>	6
10.1.	DESCRIPTION DU CODE	6
10.2.	MÉTHODOLOGIE	6
10.3.	DOMAINE D'UTILISATION	6
10.4.	QUALIFICATION DU CODE	6
10.5.	APPLICATION	7
11.	<input type="checkbox"/>	7
12.	<input type="checkbox"/>	7
12.1.	DESCRIPTION DU CODE	7

12.2.	UTILISATION	7
12.3.	QUALIFICATION DU CODE	7
13.	□	7
13.1.	DESCRIPTION DU CODE	7
13.2.	UTILISATION	7
13.3.	QUALIFICATION	7
14.	□	7
15.	□	7
15.1.	DESCRIPTION DU CODE	7
15.2.	MÉTHODOLOGIE	7
15.3.	DOMAINE D'UTILISATION	8
15.4.	QUALIFICATION DU CODE	8
15.5.	APPLICATION	8
16.	□	8
16.1.	DESCRIPTION DU CODE	8
16.2.	MÉTHODOLOGIE	8
16.3.	DOMAINE D'UTILISATION	8
16.4.	QUALIFICATION DU CODE	8
16.5.	APPLICATION	8
17.	□	8
17.1.	DESCRIPTION DU CODE	8
17.2.	DOMAINE D'UTILISATION	8
17.3.	MÉTHODOLOGIE	8
18.	□	8
18.1.	DESCRIPTION DU CODE	9
18.2.	DOMAINE D'UTILISATION	9
18.3.	QUALIFICATION DU CODE	9
18.4.	APPLICATION	9
19.	□	9
19.1.	DESCRIPTION DU CODE	9
19.2.	DOMAINE D'UTILISATION	9
19.3.	QUALIFICATION DU CODE	9
19.4.	APPLICATION	9
20.	□	9

20.1.	DESCRIPTION DU CODE	9
20.2.	MÉTHODOLOGIE	9
20.3.	DOMAINE D'UTILISATION	9
20.4.	QUALIFICATION DU CODE	9
20.5.	APPLICATION	10
21.	□	10
21.1.	DESCRIPTION DU CODE	10
21.2.	UTILISATION	10
21.3.	QUALIFICATION DU CODE	10
22.	□	10
22.1.	DESCRIPTION DU CODE	10
22.2.	MÉTHODOLOGIE	10
22.3.	DOMAINE D'UTILISATION	10
22.4.	QUALIFICATION DU CODE	10
22.5.	APPLICATION	10
23.	□	10
23.1.	PRÉSENTATION DU LOGICIEL	10
23.2.	APPLICATION DU LOGICIEL	10
23.2.1.	PARAMÈTRES D'ENTRÉE □	11
23.2.2.	MÉTHODOLOGIES ET RÉSULTATS OBTENUS	11
24.	□	11
24.1.	DESCRIPTION DU CODE	11
24.2.	DOMAINE D'UTILISATION	11
24.3.	QUALIFICATION DU CODE	11
24.4.	APPLICATION	11
25.	□	11
25.1.	DESCRIPTION DU CODE	11
25.2.	MÉTHODOLOGIE	11
25.3.	DOMAINE D'UTILISATION	11
25.4.	APPLICATION	11
26.	□	11
26.1.	DESCRIPTION DU CODE	11
26.2.	OPTIONS DE CALCUL	12
27.	□	12

27.1.	CARACTÉRISTIQUES DU CODE	12
27.2.	PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS	12
27.3.	MÉTHODE MATHÉMATIQUE	12
27.4.	VALIDATION, APPLICATION ET EXPÉRIENCES	12
28.	□	12
28.1.	CARACTÉRISTIQUES DU CODE	12
28.2.	PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS	12
28.3.	MÉTHODE MATHÉMATIQUE	12
28.4.	DOCUMENTATION ET VALIDATION	12
28.5.	APPLICATION ET EXPÉRIENCES	12
29.	□	12
30.	□	12
31.	□	13
31.1.	DESCRIPTION DU CODE	13
31.2.	DOMAINE D'UTILISATION	13
31.3.	QUALIFICATION DU CODE	13
31.4.	APPLICATION	13

.3.ANNEXE3 CODES DE CALCUL UTILISÉS DANS LE CHAPITRE 3**1. []**

[]

2. []

[]

3. []

[]

3.1. DESCRIPTION DU CODE

[]

3.2. MÉTHODOLOGIE

[]

3.3. DOMAINE D'UTILISATION

[]

3.4. QUALIFICATION DU CODE

[]

3.5. APPLICATION

[]

4. []

[]

5. []

[]

6. []

[]

7. []

[]

7.1. DESCRIPTION DU CODE

□

7.2. DOMAINE D'UTILISATION

□

7.3. QUALIFICATION DU CODE

□

7.4. APPLICATION

□

8. □

□

9. □

□

9.1. ANALYSE DE NOCIVITÉ □

□

9.2. ANALYSE D'UNE ZONE □

□

9.3. VERSION

□

10. □

□

10.1. DESCRIPTION DU CODE

□

10.2. MÉTHODOLOGIE

□

10.3. DOMAINE D'UTILISATION

□

10.4. QUALIFICATION DU CODE

□

10.5. APPLICATION

□

11. □

□

12. □

□

12.1. DESCRIPTION DU CODE

□

12.2. UTILISATION

□

12.3. QUALIFICATION DU CODE

□

13. □

□

13.1. DESCRIPTION DU CODE

□

13.2. UTILISATION

□

13.3. QUALIFICATION

□

14. □

□

15. □

□

15.1. DESCRIPTION DU CODE

□

15.2. MÉTHODOLOGIE

□

15.3. DOMAINE D'UTILISATION

□

15.4. QUALIFICATION DU CODE

□

15.5. APPLICATION

□

16. □

□

16.1. DESCRIPTION DU CODE

□

16.2. MÉTHODOLOGIE

□

16.3. DOMAINE D'UTILISATION

□

16.4. QUALIFICATION DU CODE

□

16.5. APPLICATION

□

17. □**17.1. DESCRIPTION DU CODE**

□

17.2. DOMAINE D'UTILISATION

□

17.3. MÉTHODOLOGIE

□

18. □

□

18.1. DESCRIPTION DU CODE

□

18.2. DOMAINE D'UTILISATION

□

18.3. QUALIFICATION DU CODE

□

18.4. APPLICATION

□

19. □

□

19.1. DESCRIPTION DU CODE

□

19.2. DOMAINE D'UTILISATION

□

19.3. QUALIFICATION DU CODE

□

19.4. APPLICATION

□

20. □

□

20.1. DESCRIPTION DU CODE

□

20.2. MÉTHODOLOGIE

□

20.3. DOMAINE D'UTILISATION

□

20.4. QUALIFICATION DU CODE

□

20.5. APPLICATION

□

21. □

□

21.1. DESCRIPTION DU CODE

□

21.2. UTILISATION

□

21.3. QUALIFICATION DU CODE

□

22. □

□

22.1. DESCRIPTION DU CODE

□

22.2. MÉTHODOLOGIE

□

22.3. DOMAINE D'UTILISATION

□

22.4. QUALIFICATION DU CODE

□

22.5. APPLICATION

□

23. □**23.1. PRÉSENTATION DU LOGICIEL**

□

23.2. APPLICATION DU LOGICIEL

□

23.2.1. PARAMÈTRES D'ENTRÉE **23.2.2. MÉTHODOLOGIES ET RÉSULTATS OBTENUS****24.** **24.1. DESCRIPTION DU CODE****24.2. DOMAINE D'UTILISATION****24.3. QUALIFICATION DU CODE****24.4. APPLICATION****25.** **25.1. DESCRIPTION DU CODE****25.2. MÉTHODOLOGIE****25.3. DOMAINE D'UTILISATION****25.4. APPLICATION****26.** **26.1. DESCRIPTION DU CODE**

26.2. OPTIONS DE CALCUL

□

27. □**27.1. CARACTÉRISTIQUES DU CODE**

□

27.2. PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS

□

27.3. MÉTHODE MATHÉMATIQUE

□

27.4. VALIDATION, APPLICATION ET EXPÉRIENCES

□

28. □**28.1. CARACTÉRISTIQUES DU CODE**

□

28.2. PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS

□

28.3. MÉTHODE MATHÉMATIQUE

□

28.4. DOCUMENTATION ET VALIDATION

□

28.5. APPLICATION ET EXPÉRIENCES

□

29. □

□

30. □

□



RAPPORT DE SURETE
— DE FLAMANVILLE 3 —

CHAPITRE 3

CENTRALES NUCLÉAIRES

Version Publique

SECTION ANNEXE3

Palier EPR

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

PAGE

13/13

31. □

□

31.1. DESCRIPTION DU CODE

□

31.2. DOMAINE D'UTILISATION

□

31.3. QUALIFICATION DU CODE

□

31.4. APPLICATION

□