

Démonstration de sûreté nucléaire

**Titre 3 - Extraits commentés
de l'arrêté du 7 février 2012
fixant les règles générales
relatives aux INB**

et dispositions associées (titres 1, 8 et 9)

- **Rappels :**
 - Sûreté nucléaire et radioprotection
 - Risques et inconvénients

- **Titre 1 de l'arrêté du 7 février 2012 :**
 - Généralités
 - Définitions (états de fonctionnement, démonstration de sûreté nucléaire, événement déclencheur...)

- **Titre 3 de l'arrêté du 7 février 2012**
 - Contexte de son élaboration
 - Principales dispositions

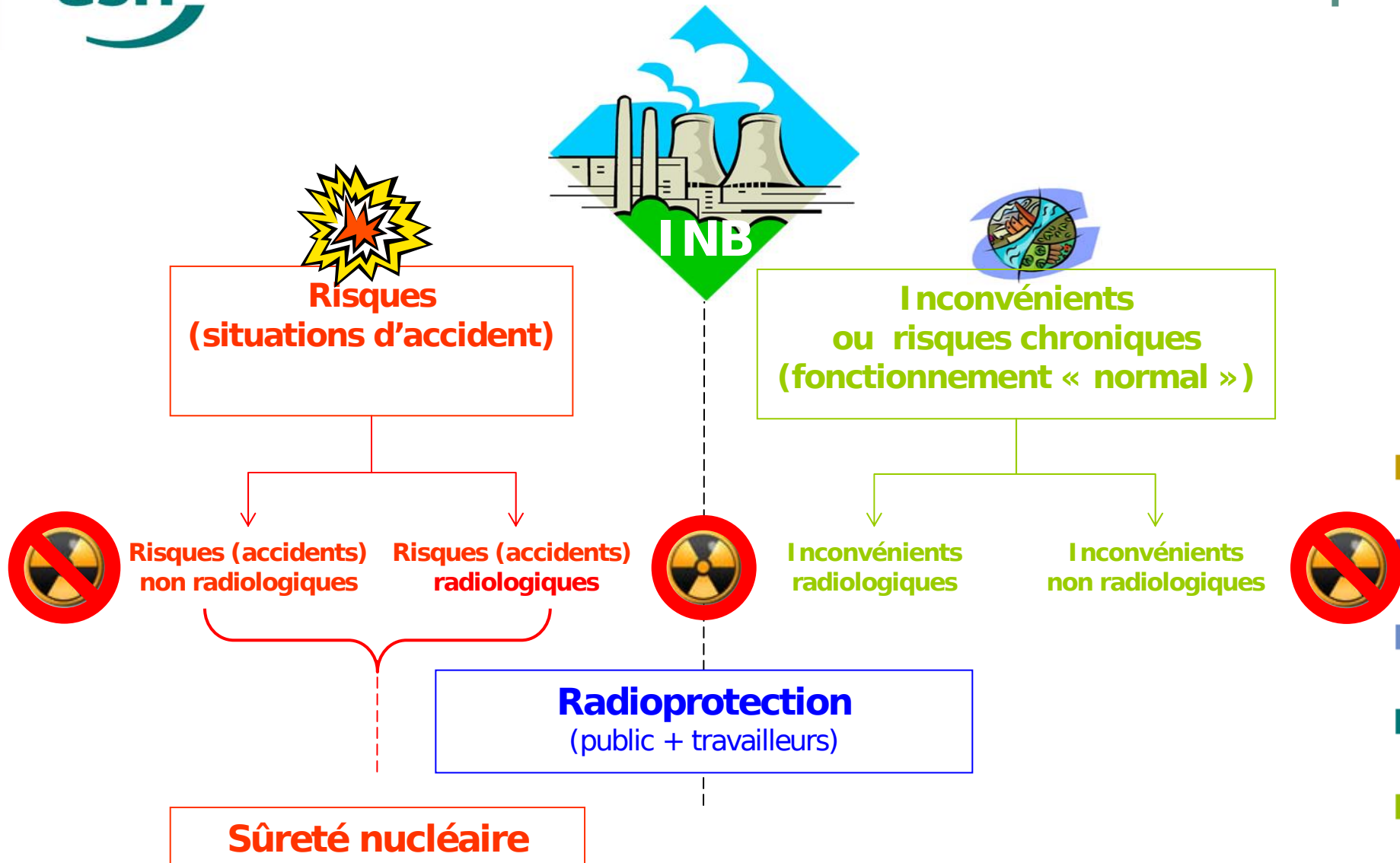
- **Conclusion**



• Article L591-1 du code de l'environnement

- « La **sûreté nucléaire** est l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base ainsi qu'au transport des substances radioactives, prises en vue de **prévenir les accidents ou d'en limiter les effets**.
- La **radioprotection** est la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement. »

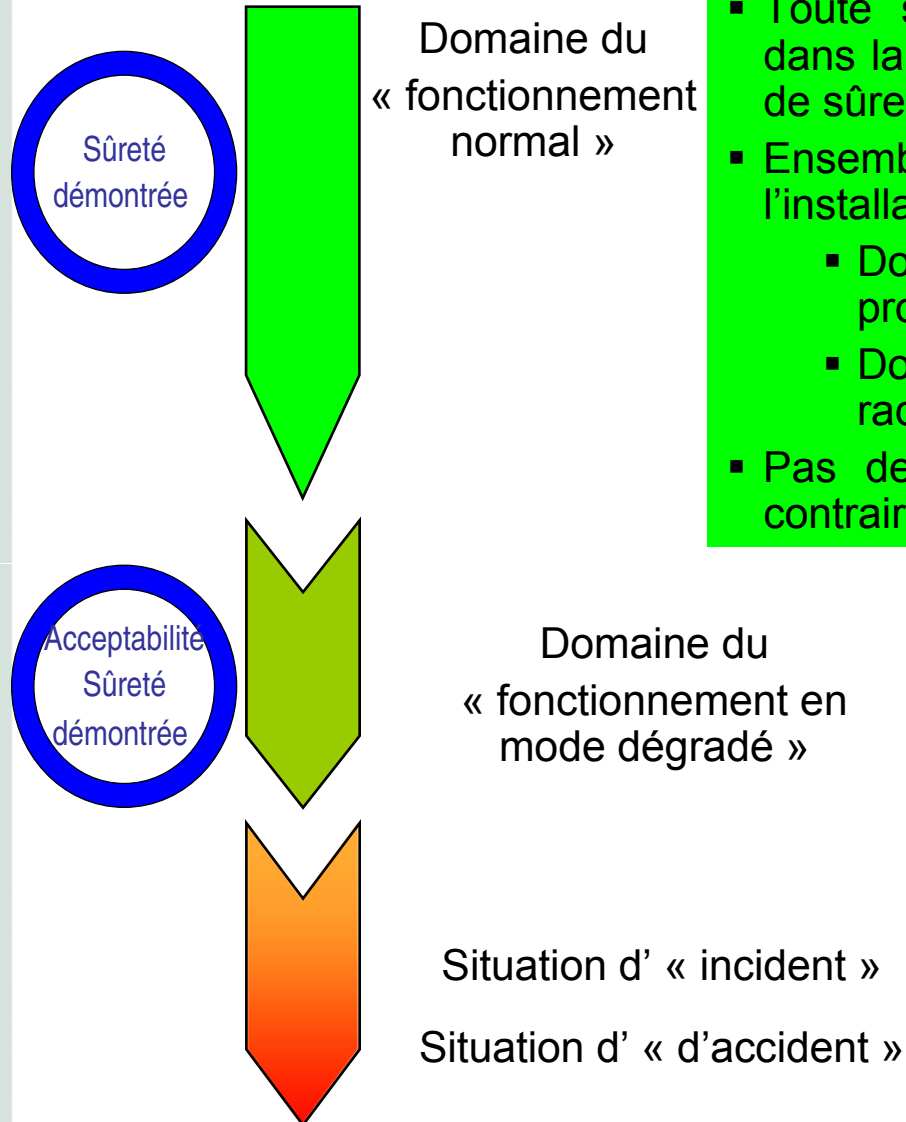




- **Reconnaissance de la nécessité d'une approche graduée/proportionnée**
- **Reconnaissance de la nécessité de la prise en compte des facteurs tant techniques qu'organisationnels et humains**
- **L'arrêté insiste sur la prise en compte des meilleures techniques disponibles (MTD)**
- **L'arrêté rappelle que la réglementation INB ne néglige pas les autres réglementations**

Arrêté du 07/02/2012 - Titre 1

Définition des états de fonctionnement de l'INB



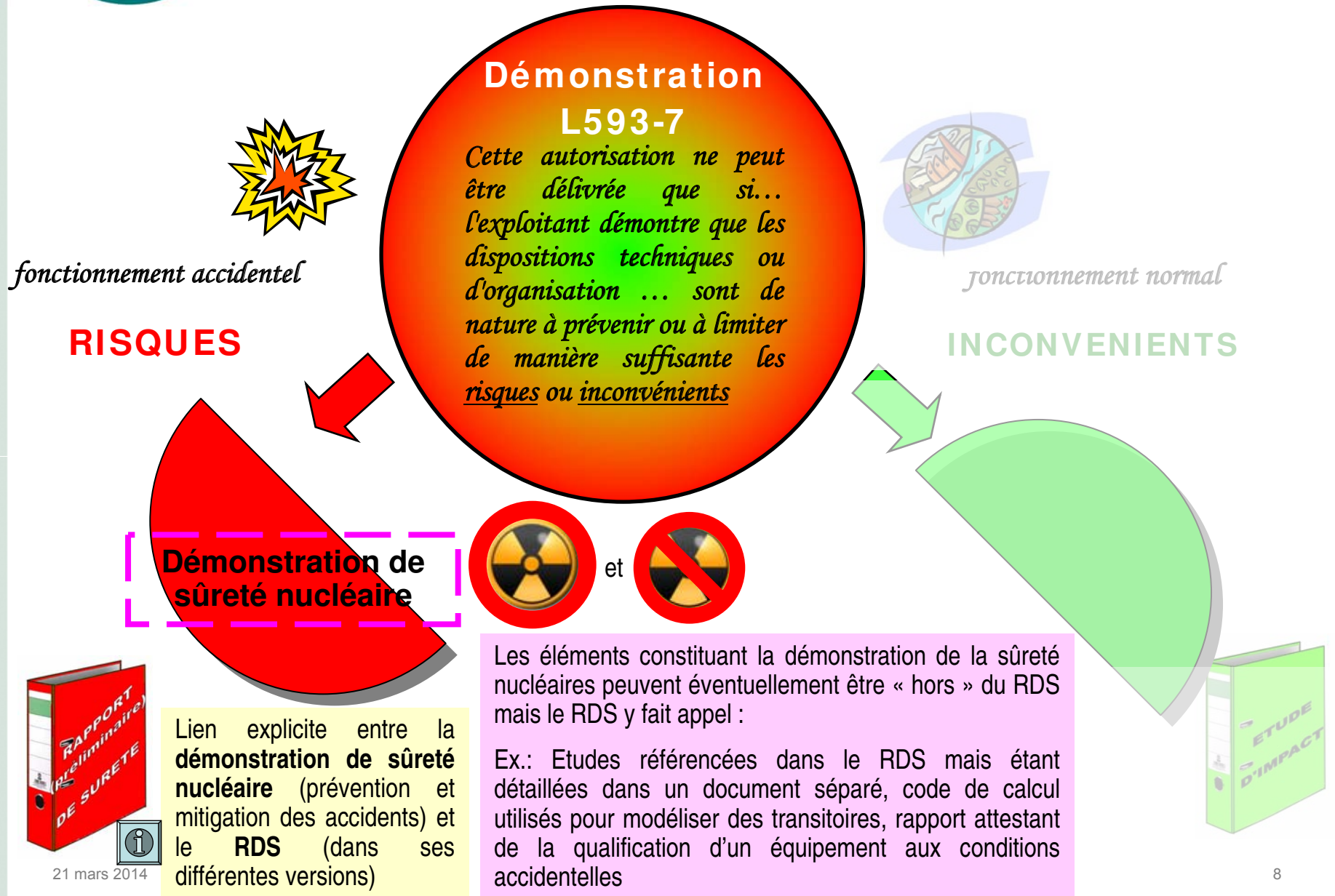
- Toute situation définie comme telle par l'exploitant dans la démonstration L. 593-7 {Rapport (préliminaire) de sûreté + étude d'impact}
- Ensemble des états et des opérations courants de l'installation.
 - Dont les situations de maintenance ou d'arrêt programmées
 - Dont les situations sans présence de matière radioactive
- Pas de limite de temps pour ces états (sauf info contraire dans la démonstration)

- Le fonctionnement en mode dégradé n'est pas le fonctionnement normal MAIS
- Son acceptabilité **temporaire** est justifiée par l'exploitant dans la démonstration L. 593-7 {Rapport (préliminaire) de sûreté + étude d'impact}

- Situation qui ne relève pas des 2 précédents domaines et susceptible de porter atteinte aux intérêts du L593-1 ou ayant porté atteinte à ces intérêts.

- « *démonstration de sûreté nucléaire* :
 - *ensemble des éléments contenus ou utilisés dans le rapport préliminaire de sûreté et les rapports de sûreté mentionnés aux articles 8, 20, 37 et 43 du décret du 2 novembre 2007 susvisé et participant à la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement, qui justifient que les risques d'accident, radiologiques ou non, et l'ampleur de leurs conséquences sont, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation, aussi faibles que possible dans des conditions économiques acceptables ; »*

Définition de la démonstration de sûreté nucléaire



- « *défaillance interne : dysfonctionnement, panne ou endommagement d'un élément de l'installation ou présent dans l'installation, y compris résultant d'actions humaines inappropriées* »

L'exploitant se tient informé des modifications apportées ou projetées au voisinage de son installation susceptibles de modifier la nature, l'importance ou la probabilité d'une agression externe. Il met à jour si nécessaire la démonstration de sûreté nucléaire de son installation ...

Art. 3.10

- « *agression interne, agression externe : tout événement ou situation qui trouve son origine respectivement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation nucléaire de base et qui peut entraîner de manière directe ou indirecte des dommages aux éléments importants pour la protection ou remettre en cause le respect des exigences définies* »

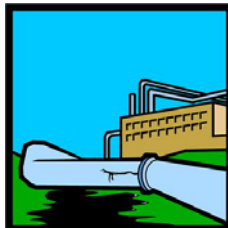
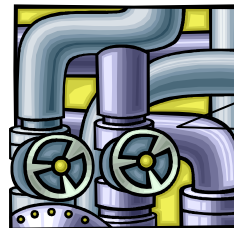
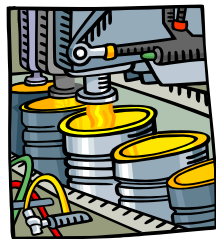
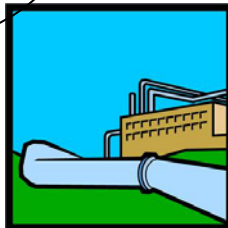
Défaillance interne

Quoi	De quoi	Pourquoi
Dysfonctionnement	Élément de l'INB	Cause matérielle interne (manque de fiabilité, défaut)
Panne	Élément présent dans l'INB	Cause matérielle externe (agression interne ou externe à l'INB)
Endommagement		Action humaine inappropriée

Fonctionne mal

Ne fonctionne pas

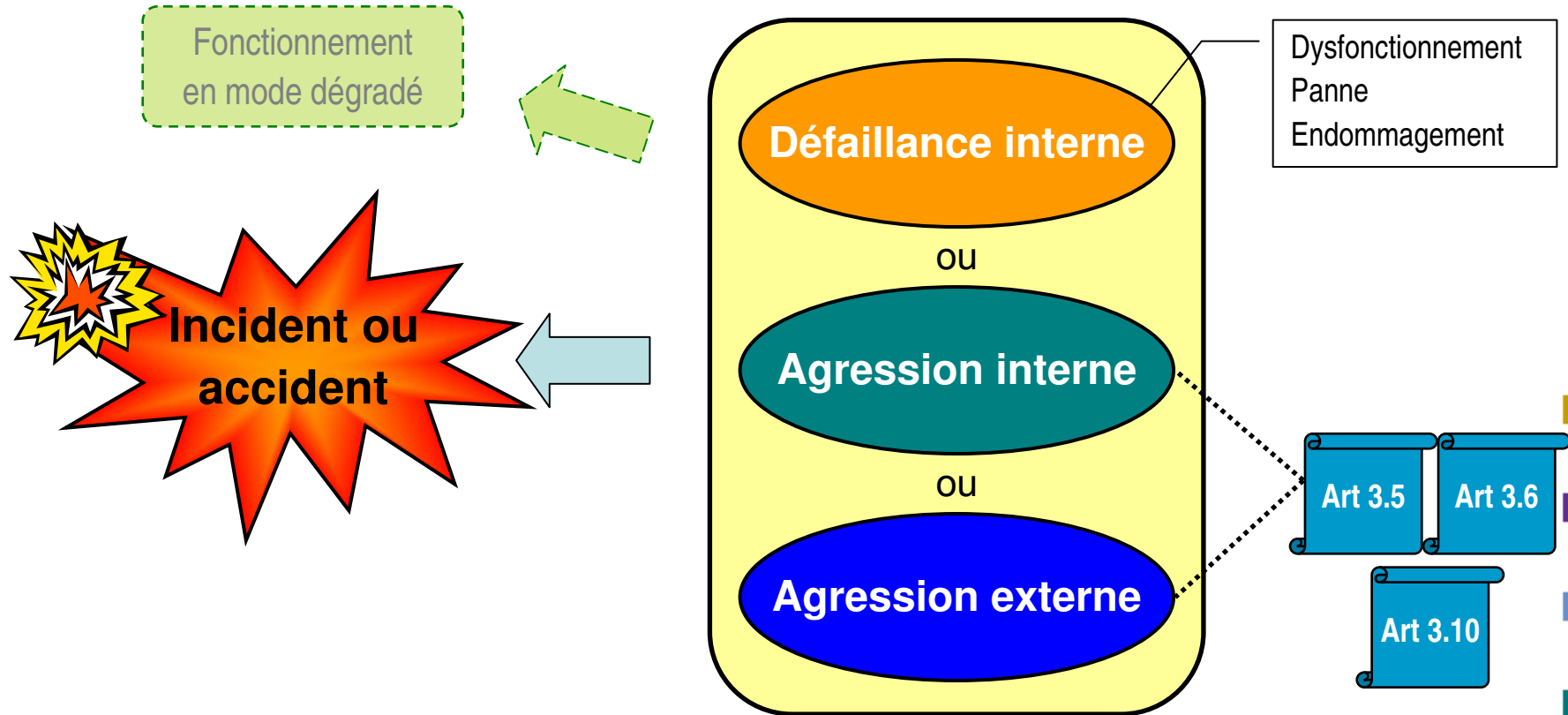
Généralement pour les structures et les matériels passifs



Élément constitutif (permanent)

Le présence peut être temporaire

Evénement déclencheur



« *événement déclencheur* : défaillance interne, ou agression interne ou externe, susceptible d'être à l'origine, directement ou indirectement, d'une situation d'incident ou d'accident »

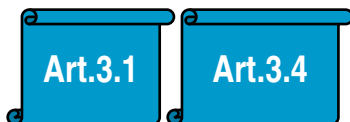
- **Orientations du texte lors de sa rédaction :**

- Applicable à toutes les INB : depuis l'irradiateur industriel...jusqu'au réacteur électronucléaire en passant par les centres de stockage de déchets radioactifs!
- Peu de spécificité entre le traitement des risques de nature radiologique et non radiologique
- Transposition de quelques niveaux de référence WENRA
 - essentiellement parmi les thèmes E design basis envelope, N contents and updating of safety analysis report, O probabilistic safety assessment, S protection against internal fire

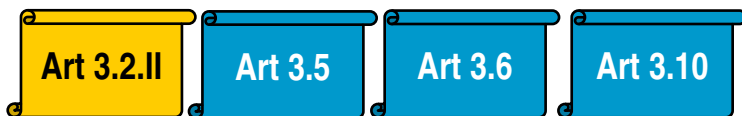
- **Conséquences :**

1. Texte court par rapport au sujet traité : 10 articles (!) qui fixent les principes fondamentaux de la démonstration de sûreté nucléaire
2. Nécessite d'être précisé par des décisions (contenu RDS, maîtrise des risques d'incendie, de criticité...) et des guides (guide inondation externe,...)
3. Importance d'une approche proportionnée dans son application selon la nature de l'INB et les risques traités

- La défense en profondeur



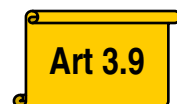
- Les événements à prendre en compte



- L'étude des incidents et accidents et de leurs conséquences

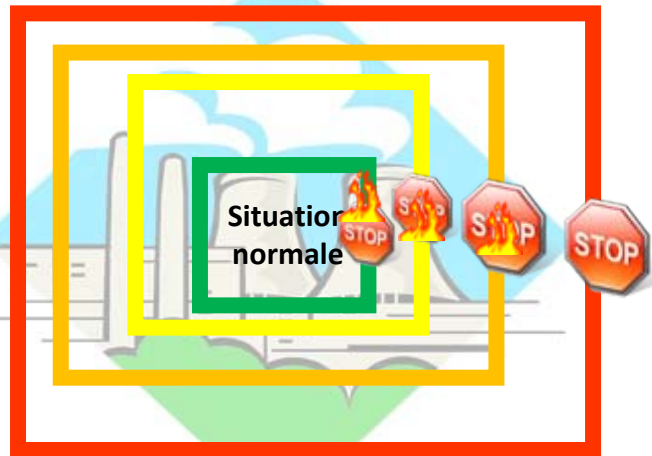


- La démonstration de l'exclusion de certains accidents





N1-N4 : domaine de responsabilité de l'exploitant



N1 Prévenir les incidents
(maintenir l'INB dans son domaine de fonctionnement normal)



N2 Détecter les incidents et mettre en œuvre les actions permettant, d'une part, d'empêcher que ceux-ci ne conduisent à un accident et, d'autre part, de rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, d'atteindre puis de maintenir l'installation dans un état sûr



N3 Maîtriser les accidents n'ayant pu être évités ou, à défaut, limiter leur aggravation, en reprenant la maîtrise de l'installation afin de la ramener et de la maintenir dans un état sûr



N4 Gérer les situations d'accident n'ayant pas pu être maîtrisées de façon à limiter les conséquences notamment pour les personnes et l'environnement.

N5 : domaine de responsabilité des pouvoirs publics

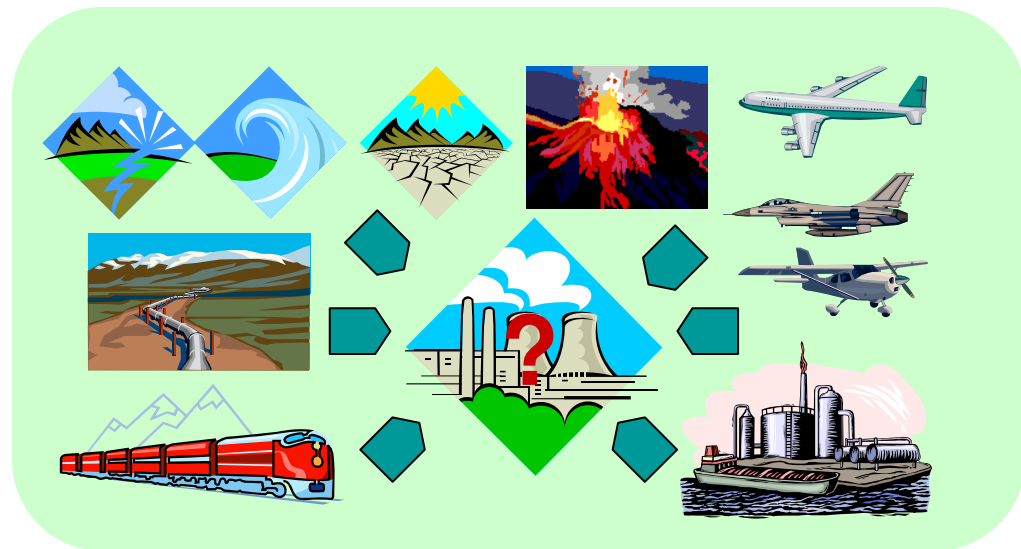
Mise en place de mesures de protection des populations en vue de réduire les conséquences effectives (limitation de consommation d'aliments, évacuation, prise diode, ...)

La défense en profondeur s'appuie notamment sur:

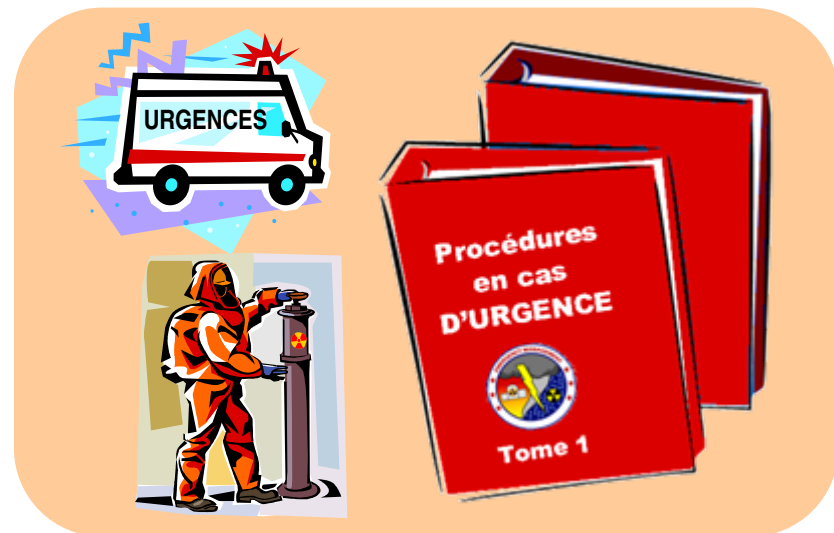
Choix du site

Qualité de la conception et de l'exploitation

Préparation aux situations d'urgence



Conception
Construction
Fonctionnement
Mise à l'arrêt, démantèlement
Entretien et surveillance



Nécessaires

En tant que de besoin

Marges
de dimensionnement

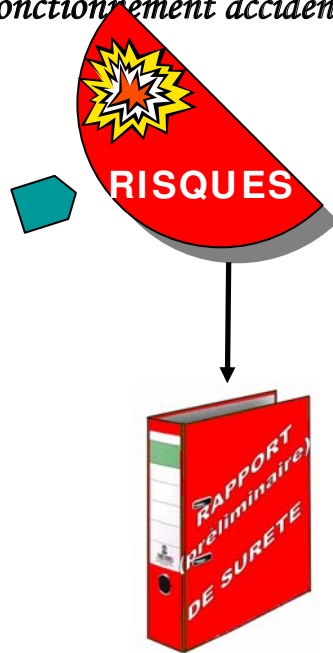


- Séparation physique
- Redondance
- Diversification



Démonstration L593-7
 Cette autorisation ne peut être délivrée que si... l'exploitant démontre que les dispositions techniques ou d'organisation ... sont de nature à prévenir ou à limiter de manière suffisante les risques ou inconvenients

fonctionnement accidentel

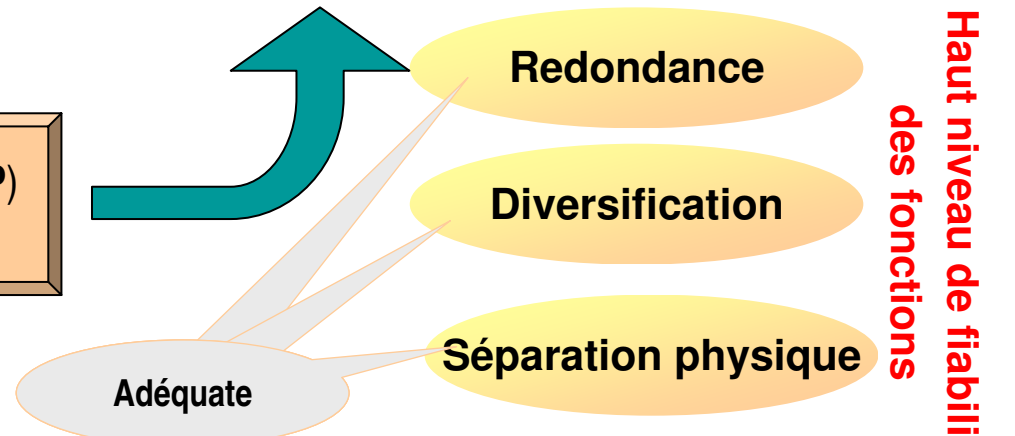


- ❖ Pour prévenir les incidents
- ❖ Pour éviter leur aggravation
- ❖ Pour maîtriser les accidents et pour éviter leur aggravation
- ❖ Pour revenir à un fonctionnement normal ou à un état sûr
- ❖ Pour limiter les conséquences hors du site d'un accident

Des fonctions doivent être assurées
 (ex: confinement de substances dangereuses...)

Des structures, systèmes ou composants (EIP) permettent de réaliser ces fonctions

Des AIP sont le cas échéant nécessaires pour réaliser ces fonctions

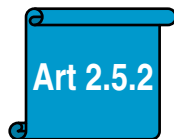


• Titre II – organisation et responsabilité

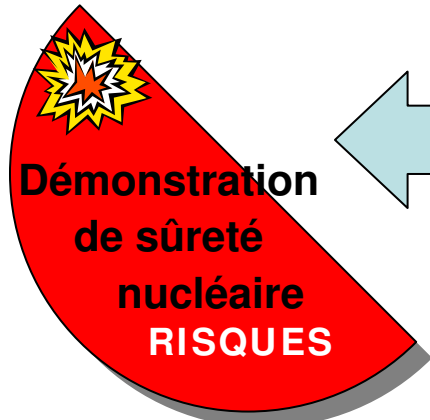
- Identification des **EIP** et exigences définies afférentes



- Identification des **AIP** et exigences définies afférentes



Titre III – démonstration de sûreté nucléaire



Liste minimale car elle se focalise sur les risques « radiologiques », et ne couvre donc qu'une partie des risques de l'INB



Risque radiologique

Fonctions dites « fondamentales » de sûreté

Maîtrise de :

- ✓ la réactivité
- ✓ du refroidissement
- ✓ du confinement

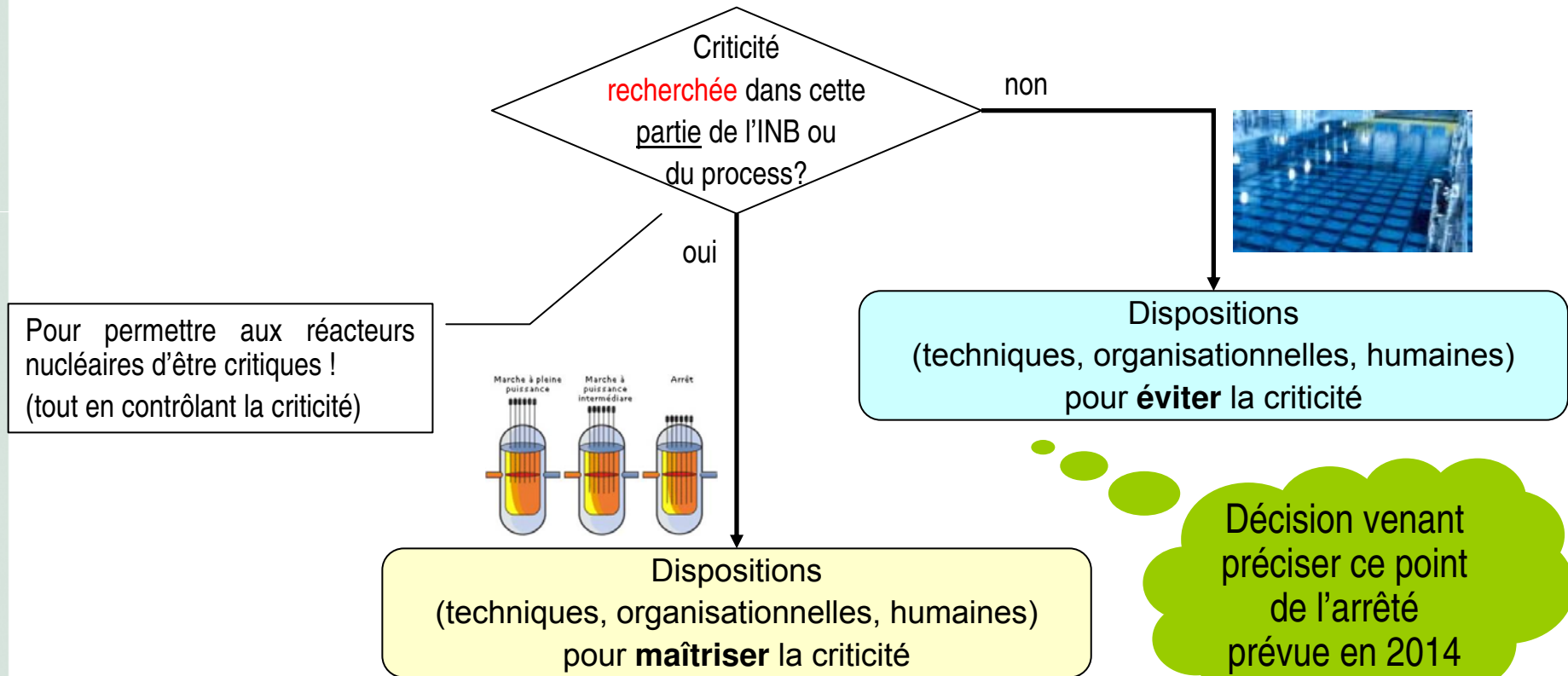
Maîtrise de :
✓ la radioprotection

Eviter la contamination
Eviter l'irradiation

Art 8.1.1 Pour les REP, épreuve enceinte

• Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

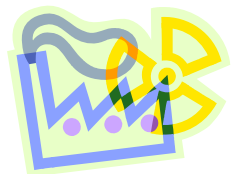
- « II. — *Au titre de la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne, l'exploitant démontre que les dispositions prises permettent de **prévenir le risque de criticité lorsque cette dernière n'est pas recherchée.** »*



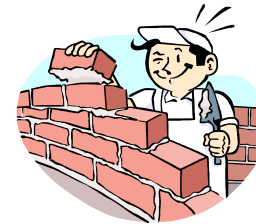
• Confinement des substances radioactives

– « III. — La fonction de confinement des substances radioactives est assurée par l'interposition, entre ces substances et les personnes et l'environnement, d'une ou plusieurs **barrières** successives suffisamment indépendantes, et si nécessaire par un **système de confinement dynamique**. Le nombre et l'efficacité de ces dispositifs sont **proportionnés à l'importance et à l'impact des rejets radioactifs potentiels**, y compris en cas d'incident ou d'accident. »

Une ou plusieurs barrières successives suffisamment indépendantes

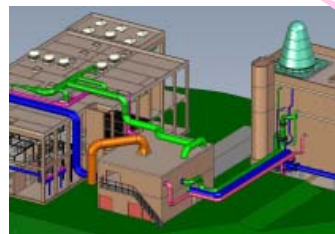
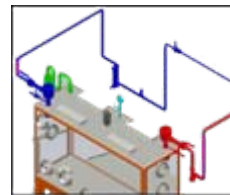


Barrières (physiques)



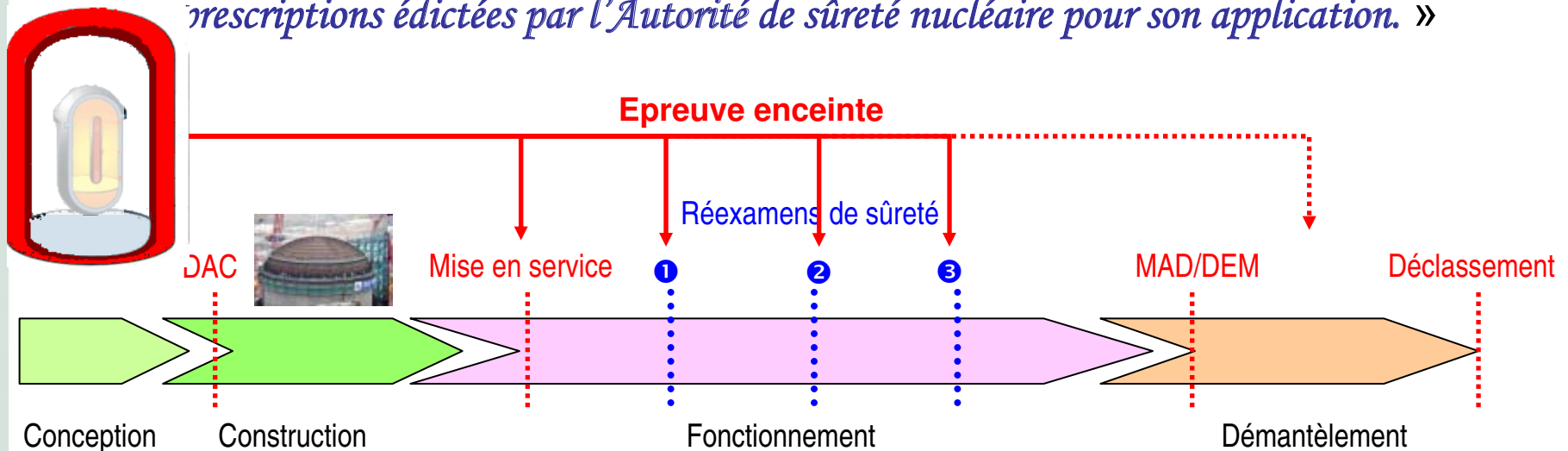
Si nécessaire

Ventilation



Nombre et efficacité proportionnés à l'importance et à l'impact des rejets radioactifs potentiels, y compris en cas d'incident ou d'accident

- **Art. 8.1.1** : « *L'efficacité de l'enceinte de confinement d'un réacteur électro-nucléaire est notamment contrôlée :*
 - *avant la mise en service, par une épreuve de réception initiale ;*
 - *après la mise en service et jusqu'à l'arrêt définitif, par des épreuves périodiques programmées de manière à ce que des résultats datant de moins de 30 mois soient présentés dans le rapport de réexamen prévu à l'article L. 593-19 du code de l'environnement ;*
 - *après l'arrêt définitif, dans des conditions fixées par le décret d'autorisation ou les prescriptions édictées par l'Autorité de sûreté nucléaire pour son application. »*

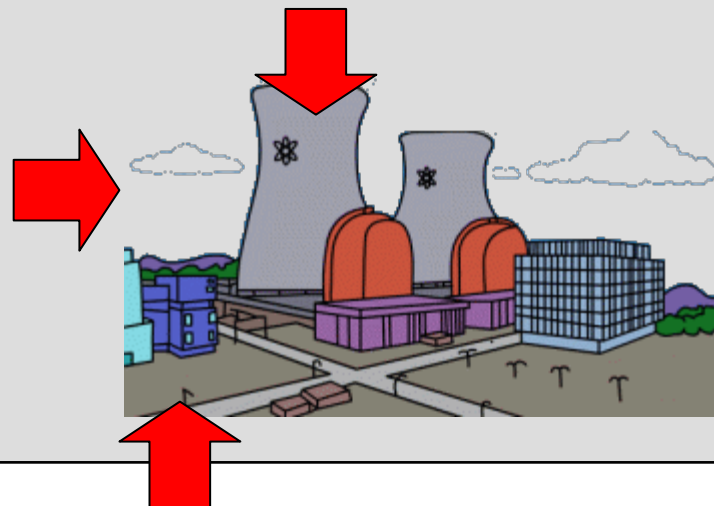


Agressions internes

Décision incendie publiée en 2014

- ✓ émissions de projectiles (dont ceux générés en cas de défaillance de matériels tournants) ;
- ✓ les défaillances d'équipements sous pression ;
- ✓ les collisions et chutes de charges

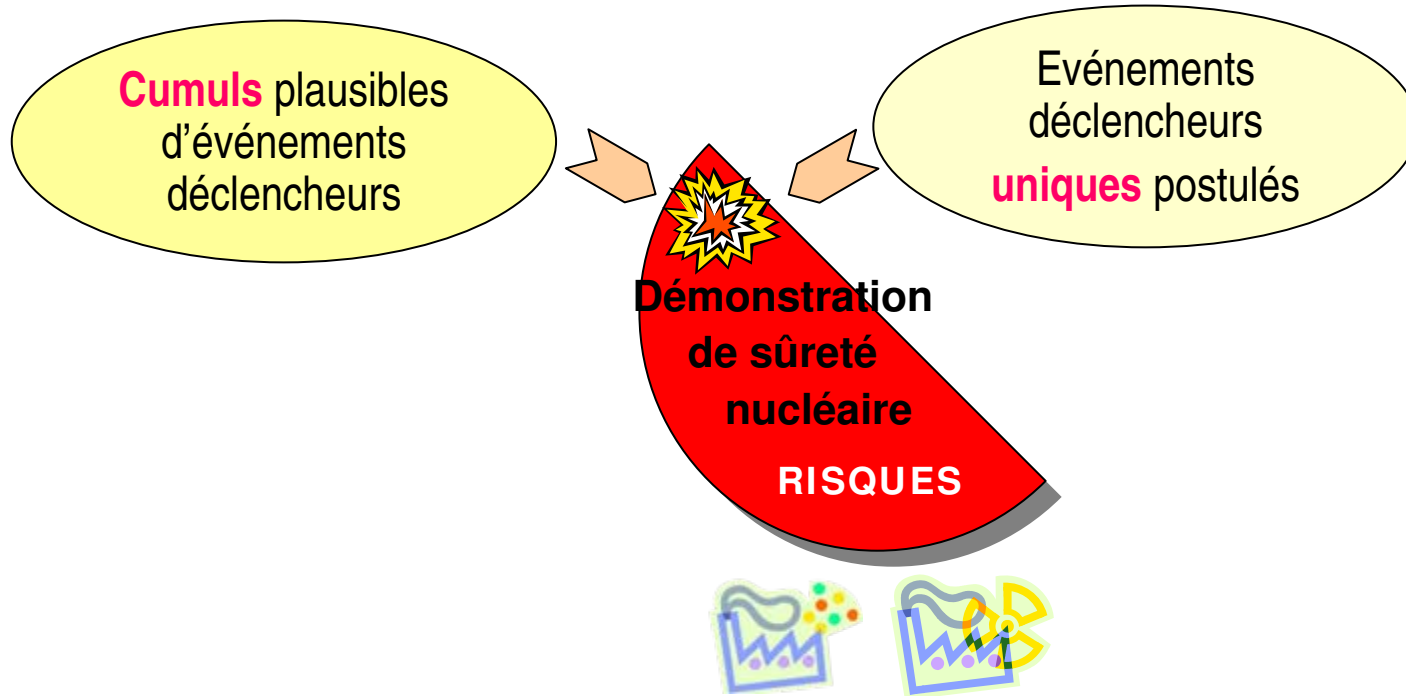
- ✓ les explosions ;
- ✓ les incendies ;
- ✓ les émissions de substances dangereuses ;
- ✓ les inondations
- ✓ les interférences électromagnétiques ;
- ✓ les actes de malveillance ;
- ✓ toute autre agression identifiée par l'exploitant/l'ASN
- ✓ les cumuls plausibles entre les agressions



Art 3.5 et 3.6
Art 3.2

Agressions externes

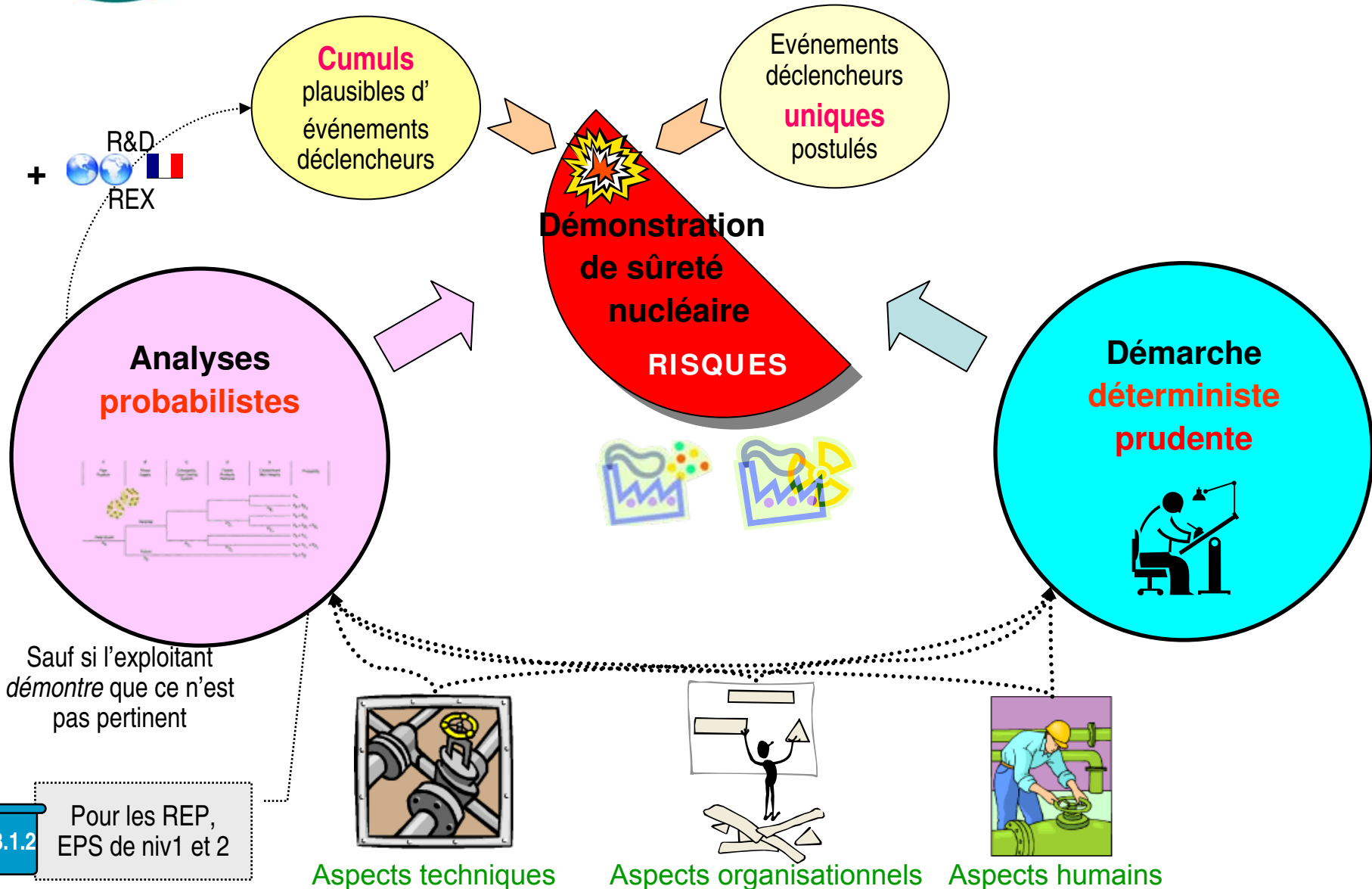
- ✓ les risques induits par les activités industrielles
- ✓ les risques induits par les voies de communication, dont les chutes d'aéronefs ;
- ✓ le séisme ;
- ✓ la foudre ;
- ✓ les conditions météorologiques ou climatiques extrêmes ;



- « *En complément des événements déclencheurs uniques postulés, la démonstration de sûreté nucléaire traite des situations plausibles de cumul d'événements déclencheurs, sélectionnés selon des critères justifiés notamment au regard des analyses et évaluations mentionnées aux articles 2.7.2 et 3.3.* »

Retour d'expérience

Analyses probabilistes




Art 8.1.2

Pour les REP, EPS de niv1 et 2


intégrant des **hypothèses** et des **règles** adaptées aux **incertitudes** et aux **limites des connaissances** des phénomènes

Données



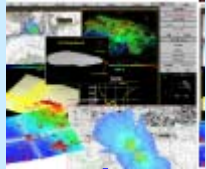
**A jour
Référencées**

Méthodes




**Appropriées
Explicites
Validées**

**Modélisation
Codes de calcul**




Qualifiés

REX
R&D



Résultats



**Démonstration
de sûreté
nucléaire**

RISQUES



pour les domaines dans lesquels ils sont utilisés

- ✓ Critères retenus par l'exploitant pour apprécier:
 - La validité d'une méthode au regard de son utilisation
 - La qualification des codes informatiques/de modélisation au regard de leur utilisation
- ✓ Critères à justifier par l'exploitant

Présentation des hypothèses :

- pour les rejets ⇒ rejets **raisonnablement pessimistes**;
- pour les scénarios d'exposition ⇒; **approche réaliste** mais sans tenir compte de contre-mesures
- pour les scénarios d'exposition, prise en compte des différentes voies de transfert (d'exposition) et, si cela influe sur les résultats, des classes d'âge (nourrisson, enfant, adulte)

Démonstration de sûreté nucléaire
RISQUES



Estimation de l'étendue des zones susceptibles d'être affectées par l'incident/accident



Si l'incident/accident peut avoir des impacts hors site, la cinétique des phénomènes et de propagation de leurs effets.



Estimation de l'intensité des phénomènes dangereux non radiologiques, à court, moyen et long termes, sur les personnes et l'environnement

Arrêté du 29 septembre 2005



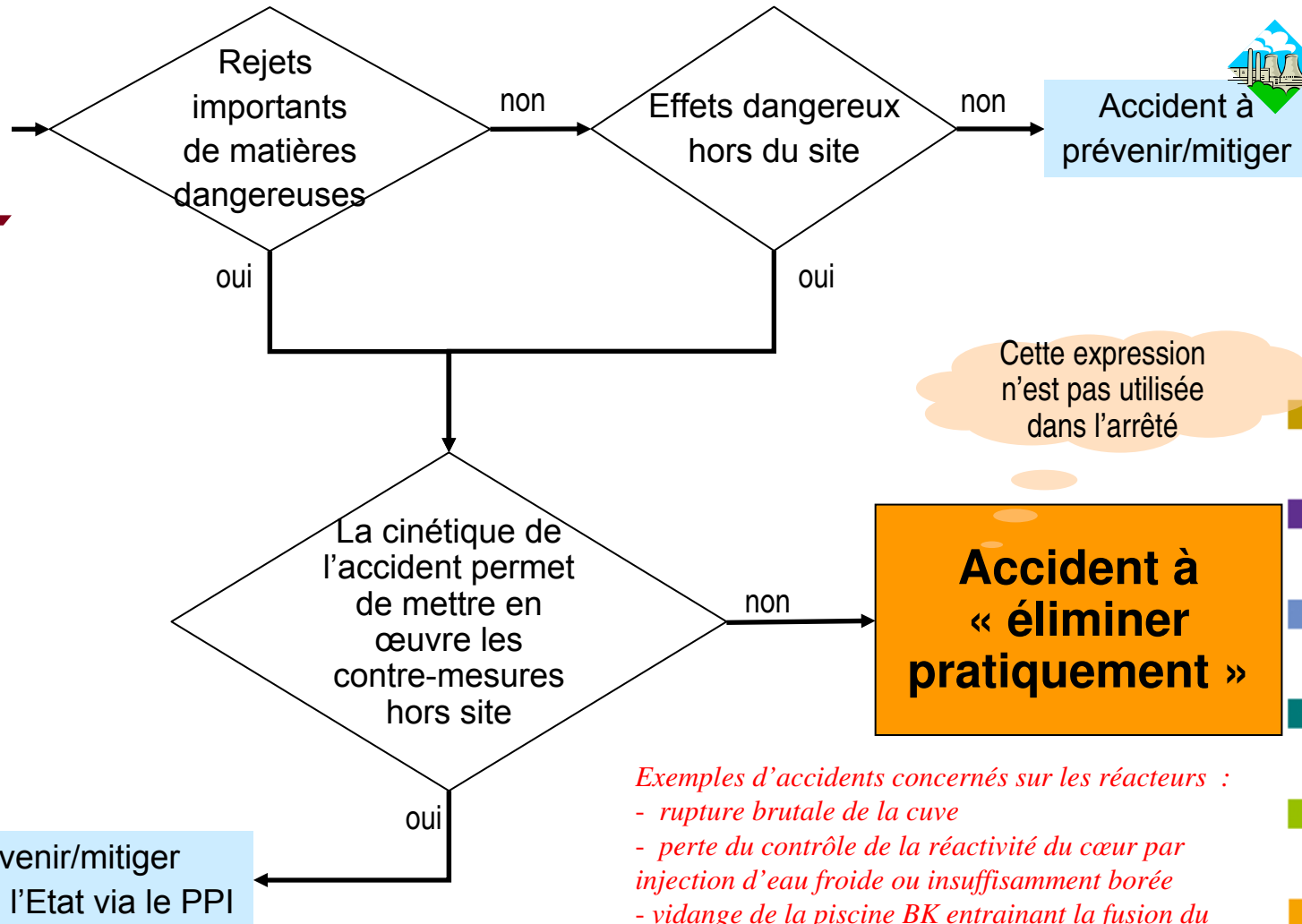
Présentation des conséquences potentielles des incidents/accidents envisagés + mise en perspective

- Estimation des doses efficaces à court, moyen et long termes
- Estimation des doses équivalentes à la thyroïde (si la nature du rejet le justifie)



R. 1333-80 du code de la santé publique.

Arrêté du 07/02/2012 - Titre 3 Accident à « éliminer pratiquement »



Exemples d'accidents concernés sur les réacteurs :

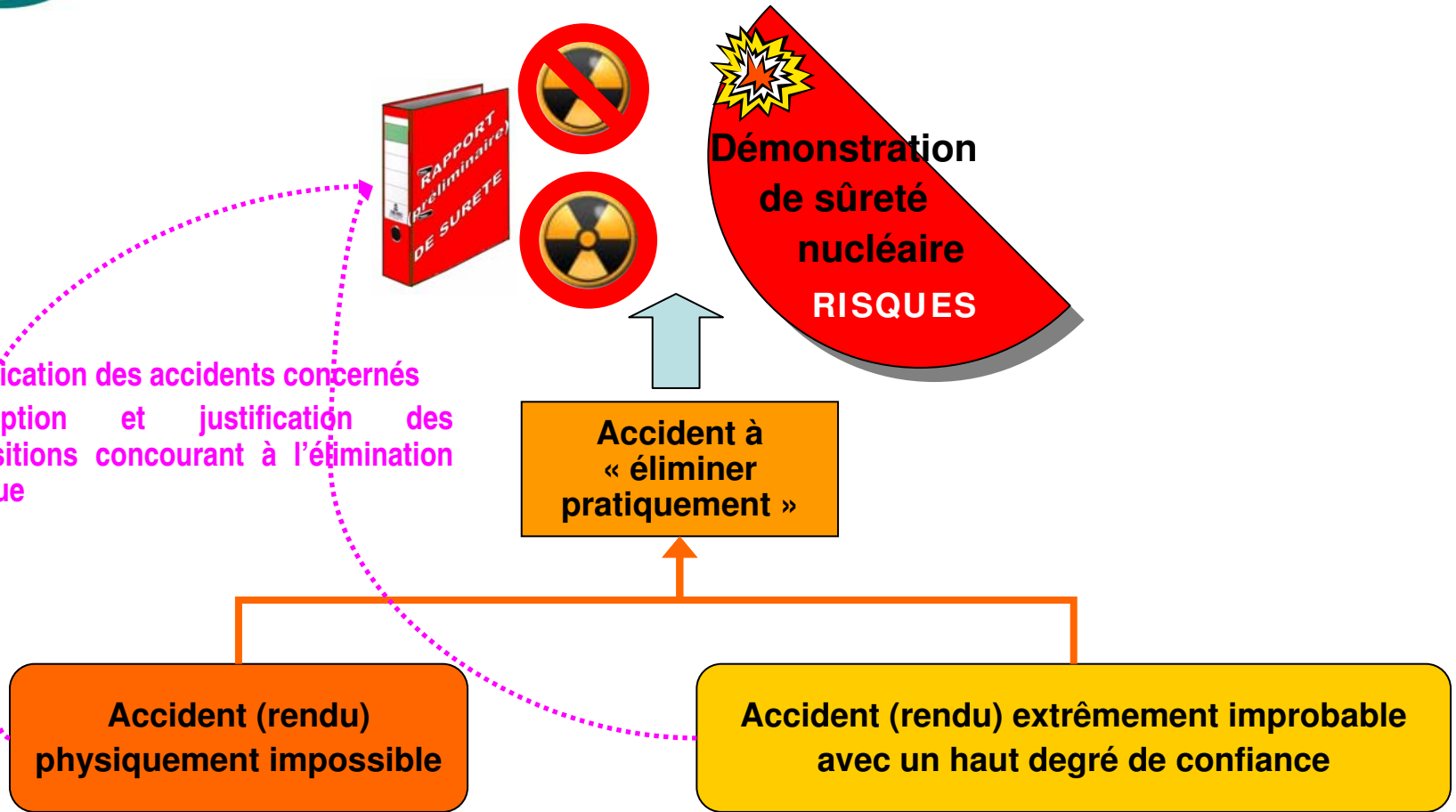
- rupture brutale de la cuve
- perte du contrôle de la réactivité du cœur par injection d'eau froide ou insuffisamment borée
- vidange de la piscine BK entraînant la fusion du combustible



Arrêté du 07/02/2012 - Titre 3

Accident à « éliminer pratiquement »

- ✓ Identification des accidents concernés
- ✓ Description et justification des dispositions concourant à l'élimination pratique



Il faut N tonnes d'une substance dangereuse et la capacité physique du réservoir est de 90% de N.
Quantité d'hydrogène insuffisante pour créer les condition stœchiométrique d'une explosion.

Très faible probabilité d'occurrence (analyses probabilistes,...)

Haut degré de confiance :

- ⇒ Défense en profondeur (prévention, mitigation)
- ⇒ Robustesse de la démonstration (marges, codes conservatifs...)
- ⇒ Analyses probabilistes (incertitudes, sensibilité)

- **La sûreté nucléaire repose sur la défense en profondeur**

- Art 3.1

- **La démonstration de la sûreté nucléaire s'appuie sur**

- Une approche déterministe complétée par une approche probabiliste, couvrant tant des défaillances /dysfonctionnements isolés que des cumuls de défaillances/dysfonctionnements, issus de causes internes ou externes (y compris d'origine humaine),

- Art 3.2 à 3.3, 3.5, 3.6 et 3.10

- Une approche argumentée et explicitée, faisant appel à des « outils » adaptés

- Art 3.8

- La réalisation de fonctions de sûreté nucléaire et de radioprotection

- Art 3.4

- Une estimation des conséquences des accidents envisagés, celles-ci devant être compatibles avec la mise en œuvre éventuelle des actions de protection des populations

- Art 3.7 à 3.9

- **Donne un statut réglementaire à des pratiques appliquées en France et recommandées à l'international :**
 - approches déterministes et probabilistes
 - défense en profondeur
 - prise en compte des agressions
- **Insiste sur certaines caractéristiques de la démonstration :**
 - Cumuls plausibles de défaillances ou d'agressions
 - Spécification des méthodes d'études et des outils associés
- **Nouveauté forte pour l'amélioration de la sûreté nucléaire :**
 - Accidents à éliminer pratiquement
- **Le titre 3 laisse de la latitude à l'exploitant tant pour la conception et l'exploitation de son installation que pour la démonstration de sa sûreté nucléaire → cela n'épuise donc pas le dialogue technique.**





•Article 10

Le rapport préliminaire de sûreté [...] comporte l'inventaire des risques de toute origine que présente l'installation projetée ainsi que l'analyse des dispositions prises pour prévenir ces risques et la description des mesures propres à limiter la probabilité des accidents et leurs effets. [...]

Il expose notamment les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident, qu'il soit ou non de nature radiologique. A cet effet, il décrit :

- 1° Les accidents pouvant intervenir, que leur cause soit d'origine interne ou externe, y compris s'il s'agit d'un acte de malveillance ;*
- 2° La nature et l'étendue des effets que peut avoir un accident éventuel*
- 3° Les dispositions envisagées pour prévenir ces accidents ou en limiter la probabilité ou les effets [...]*

Le rapport préliminaire de sûreté justifie que le projet permet d'atteindre, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation, un niveau de risque aussi bas que possible dans des conditions économiquement acceptables.

[...]

