

**Référence courrier :**  
CODEP-DEP-2022-008741

**Monsieur le Directeur**  
Division Production Nucléaire  
Site Cap Ampère  
1, place Pleyel  
93282 Saint Denis Cedex

Dijon, le 24 février 2022

**Objet :** Fissures de corrosion sous contrainte - demandes d'approfondissement de vos analyses

**Références :** [1] CODEP-DEP-2022-003685 du 1<sup>er</sup> février 2022  
[2] D455022000867 du 11 février 2022  
[3] D400822000025 du 14 janvier 2022 - Etat de situation des défauts de corrosion sous contrainte  
[4] D455022000237 ind.0 du 14 janvier 2022 - Défauts de corrosion sous contrainte constatés à CIV1 et PEN1 : état des lieux des éléments disponibles au 10/01/22  
[5] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base

Monsieur le directeur,

En fin d'année 2021, vous avez informé l'ASN de la découverte de fissures résultant d'un phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) sur les tuyauteries du système d'injection de sécurité (RIS) des circuits primaires principaux des réacteurs n° 1 des centrales de Civaux et de Penly. La présence de CSC a ensuite été confirmée sur les trois autres réacteurs de type N4 et, plus récemment, des indications pouvant correspondre à la CSC ont été détectées sur les tuyauteries du système de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA) de ces réacteurs.

L'ASN vous a adressé des demandes par courrier du 1<sup>er</sup> février 2022 [1], auquel vous avez répondu par courrier du 11 février [2]. Une réunion technique a également eu lieu le 11 février 2022. Vous avez présenté un état des lieux sur le phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) détecté, votre analyse sur les enjeux de sûreté associés et le programme d'investigations et de contrôle que vous envisagez.

S'agissant de la sûreté des réacteurs en fonctionnement, vous considérez que la tenue des lignes RIS aux défauts constatés jusqu'à présent est démontrée, et que le repli du réacteur est garanti en cas de défaillance d'une ligne du système RRA.

Vous observez que les dimensions des défauts expertisés sur les tronçons déposés présentent jusqu'à présent des tailles inférieures à la hauteur de la première passe de soudage. De plus, votre analyse vous conduit à considérer que leur propagation serait arrêtée ou fortement ralentie en raison d'une zone de compression au sein du matériau. Par ailleurs, les expertises menées jusqu'ici indiquent que les défauts constatés sur le réacteur de Penly 1 (1300 MWe) sont de moindre ampleur que sur le palier N4. Enfin, les expertises menées dans d'autres contextes sur des zones similaires n'ont jamais mis en évidence de fissures de CSC, en particulier sur les réacteurs de 900 MWe.

Je note que les justifications mécaniques ne portent à ce stade que sur deux types de réacteurs et ne couvrent pas l'ensemble des zones susceptibles d'être concernées par le phénomène de CSC. De plus, vous ne vous êtes pas positionné quant au caractère enveloppe des défauts considérés dans vos calculs. Ces deux points nécessitent des travaux complémentaires.

La compréhension des facteurs d'apparition et de développement de CSC reste à approfondir, notamment vis-à-vis des procédés de soudage utilisés. De même, l'identification des zones pouvant être affectées par la CSC se poursuit, avec des contrôles à venir des tuyauteries du circuit RCV et de la ligne d'expansion du pressuriseur.

L'appréciation des enjeux de sûreté doit également envisager des situations allant au-delà de celles que vous avez considérées et je considère qu'il convient de poursuivre la recherche de dispositions d'exploitation permettant de renforcer la prévention ou la capacité à gérer une défaillance.

S'agissant du programme de contrôle, vos propositions visent dans un premier temps à compléter les connaissances sur le phénomène de CSC et à lever les doutes sur les soudures dont la relecture des contrôles ultrasonores antérieurs met en exergue un risque de présence de CSC.

Ainsi, jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 2022, vous prévoyez de réaliser des contrôles approfondis sur des réacteurs représentatifs des différents modèles, à savoir le réacteur 2 de Fessenheim, le réacteur B3 de Chinon, le réacteur 1 de Penly et le réacteur 1 de Civaux. Ces contrôles visent à identifier les zones concernées sur les différents modèles de réacteur et à approfondir la compréhension du phénomène de CSC.

Vous prévoyez également de réaliser des contrôles sur les réacteurs dont la relecture des contrôles précédents vous conduit à identifier un risque de présence de CSC. Vous avez priorisé les réacteurs en fonction du risque de présence de CSC. Les six réacteurs prioritaires seront recontrôlés au cours d'arrêts commençant entre février et avril 2022, dont trois sont anticipés. Les autres réacteurs pour lesquels vous n'avez pu écarter la possibilité d'une indication résultant de CSC le seront au plus tard fin 2022.

À compter du 1<sup>er</sup> septembre 2022, vous prévoyez de disposer d'un nouveau programme de maintenance et d'un nouveau procédé d'essai non destructif permettant d'identifier et de caractériser les défauts résultant de CSC, notamment en termes de profondeur. Vous réaliserez alors des contrôles des zones identifiées comme sensibles sur l'ensemble de vos réacteurs.

Compte-tenu de l'importance de la mise à disposition de ce procédé dans votre stratégie, je vous demande de porter une attention particulière à son développement dans les délais prévus et avec le niveau de performance attendu.

Plus généralement, vous menez encore de multiples travaux afin de d'identifier les facteurs d'apparition et de développement de la CSC et d'en caractériser les enjeux en termes de sûreté. La compréhension de ce phénomène de CSC devrait ainsi être complétée dans les prochaines semaines par les résultats de ces travaux et des contrôles sur les réacteurs. J'attire votre attention sur le fait qu'il sera nécessaire de faire évoluer cette stratégie, à chaque fois que nécessaire, en fonction des nouveaux éléments.

\* \*  
\*

Vous trouverez en annexe les demandes de compléments appelées par les points ci-dessus. Je vous demande de transmettre vos réponses dans la mesure du possible d'ici le 4 mars 2022, de sorte qu'elles puissent être prises en compte lors de la réunion du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires prévue le 11 mars 2022.

*Pour le président de l'ASN et par délégation,*  
Le directeur général

*Signé par*  
**Olivier GUPTA**

## **Annexe au courrier CODEP-DEP-2022-008741**

### **Demandes complémentaires**

#### **A. Justification mécanique et hypothèses associées**

Tant les études dites « réalistes » que celles réalisées en application du code RSE-M ne portent que sur la soudure A18 de la branche froide du circuit RIS des réacteurs de type P'4 et sur la soudure A11 de la branche froide du circuit RIS des réacteurs de type N4.

**Demandes X : Je vous demande d'indiquer dans quelle mesure les études mécaniques déjà fournies sont enveloppes des autres soudures des réacteurs de 1300 MWe et de type N4, et le cas échéant de les compléter afin de couvrir l'ensemble des soudures concernées par le phénomène de CSC.**

Les données matériaux utilisées ne sont pas les données codifiées dans le RSE-M. Dans le cadre des études réalistes, vous souhaitez valoriser des valeurs matériaux issues de la littérature pour la ténacité du métal de base ( $60 \text{ kJ/m}^2$ ) et vous souhaitez valoriser l'écroutissage du matériau dans les lois de traction, ce qui n'est pas prévu par le RSE-M. Dans le cadre des études selon le code RSE-M, vous utilisez des valeurs non encore codifiées ( $43 \text{ kJ/m}^2$  à  $200^\circ\text{C}$  – élément en cours de discussion dans le cadre de l'évolution du RSE-M).

**Demande 1 : Je vous demande d'apporter les éléments permettant de justifier les valeurs matériaux retenues.**

Sur la base des résultats d'études mécaniques dites « réalistes », vous concluez à la tenue mécanique de la soudure A18 de la branche froide du circuit RIS des réacteurs de type P'4 et de la soudure A11 de la branche froide du circuit RIS des réacteurs de type N4 en cas de séisme ou en cas de sollicitation liée au démarrage de l'injection de sécurité.

Cette étude ne permet toutefois pas d'évaluer l'influence des différents paramètres (chargements, propriétés du matériau...) et les marges associées. En particulier, au regard des incertitudes portant sur la hauteur des défauts qui pourraient être présents sur d'autres réacteurs, ces études devraient permettre d'apprécier les marges existantes.

**Demande 2 : Je vous demande de réaliser une étude de sensibilité pour les principaux paramètres influents, afin d'évaluer les marges existantes.**

## **B. Analyse de sûreté**

Le principe de défense en profondeur doit vous conduire à identifier des dispositions qui permettraient de prévenir ou de gérer les conséquences d'éventuelles défaillances des tuyauteries concernées.

**Demande 3 : Je vous demande d'analyser le caractère suffisant des délais et conduites à tenir prévus dans les RGE en cas d'indisponibilité de matériels nécessaires à la prévention ou à la gestion des défaillances potentielles. Une analyse spécifique devra être menée pour identifier les transitoires (fonctionnement normal, incidentel ou accidentel) qui génèrent les sollicitations les plus importantes sur les zones concernées par la CSC ; vous identifierez le cas échéant les évolutions de conduite ou de RGE nécessaires pour les limiter.**

**Demande 4 : Je vous demande de vous positionner sur l'opportunité de mettre en œuvre des évolutions de pilotage de vos réacteurs qui permettraient de renforcer la capacité et la fiabilité de la détection de perte d'intégrité du circuit primaire.**

Votre réponse aux demandes précédentes devra s'appuyer sur des analyses complémentaires<sup>1</sup> que vous me transmettez afin de couvrir les ruptures des tuyauteries :

- du circuit RRA des réacteurs de 900 MWe ;
- du circuit RIS pour tous les réacteurs.

En effet, votre analyse des de ces éventuelles ruptures n'a porté que sur les réacteurs de 1300 MWe et de type N4, ne couvre pas tous les états de ces réacteurs et n'a pas considéré la rupture d'une ligne du circuit RIS. Par ailleurs, vous n'avez postulé la défaillance que sur une voie du système RRA alors que le phénomène de CSC affecte vraisemblablement les deux voies de manière similaire.

Vous avez en outre indiqué que des contrôles vont être menés sur le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cattenom et le réacteur n° 4 de celle du Bugey et que ces contrôles seront menés avec ces réacteurs dans l'état standard « AN/RRA < 90°C ».

**Demande 5 : Je vous demande de justifier l'état standard retenu pour ces contrôles au regard de la durée de maintien du réacteur dans cet état et des mesures que vous aurez identifiées au regard de mes demandes précédentes.**

---

<sup>1</sup> similaires à celles déjà transmises, en postulant en complément la possibilité de rupture de plusieurs défauts.

## C. Stratégie de contrôle des réacteurs

### *i. Représentativité des réacteurs faisant l'objet de contrôles approfondis*

La stratégie proposée jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 2022 repose notamment sur des contrôles approfondis sur des réacteurs représentatifs. À ce jour, il n'est pas retenu de réacteur de type P4. De même, pour les réacteurs de palier CPY, il existe des différences entre les réacteurs pairs et impairs.

Par ailleurs, il existe des réacteurs dont l'acier austénitique des tuyauteries principales ou auxiliaires du CPP est de nuance 304L et d'autres pour lesquels la nuance est le 316L.

Enfin, les procédés de soudage utilisés diffèrent entre les réacteurs (cf. point C.iii).

**Demande 6 : Je vous demande de justifier la représentativité des réacteurs retenus au regard des différentes conceptions.**

### *ii. Choix des zones à contrôler*

Vous avez indiqué que ces réacteurs vont faire l'objet de contrôles étendus sur plusieurs soudures en acier austénitiques des systèmes RIS et RRA (contrôles en cours sur les réacteurs n° 1 des centrales de Penly et Civaux) mais également sur les tuyauteries primaires principales, sur la ligne d'expansion du pressuriseur et sur le système RCV. Vous n'avez toutefois pas précisé les soudures qui feront l'objet d'un contrôle.

De plus, vous n'avez pas considéré les parties en acier austénitique du circuit primaire principal contenant des fluides en phase vapeur, notamment au niveau du pressuriseur.

**Demande 7 : Je vous demande de lister les zones en acier austénitique du circuit primaire principal des différents types de réacteurs et de justifier le choix des zones qui feront l'objet d'un contrôle.**

Par ailleurs, les expertises menées sur le réacteur n° 1 de la centrale de Civaux ont mis en évidence une indication à proximité d'un « bouchon radio ».

**Demande 8 : Je vous demande de vous positionner quant à la réalisation de contrôles à proximité des « bouchons radio » et des autres discontinuités géométriques.**

### *iii. Influence des conditions de fabrication dans la détermination des zones à contrôler*

Vous avez indiqué que parmi les paramètres influents pour l'amorçage et la propagation de la CSC figurent les conditions de fabrication, en particulier le procédé de soudage et sa mise en œuvre (mode de soudage, hauteur des passes, caractéristiques des matériaux d'apport...) ainsi que les préparations de surface avant et après soudage. Vous indiquez avoir terminé la relecture des rapports de fin de fabrication (RFF) pour les réacteurs de 1300 MWe et prévoyez de relire ceux des réacteurs de 900 MWe d'ici le 28 février 2022.

**Demande 9 : Je vous demande, sur la base des informations contenues dans les RFF et des connaissances actuelles, de vous positionner sur le lien entre les conditions de fabrication et le phénomène de CSC observé. En particulier, vous transmettez une analyse détaillée de votre relecture des RFF et des conséquences que vous en tirez pour le programme de contrôle.**

Par ailleurs, vous indiquez que des contraintes résiduelles de compression sont présentes dans les soudures, ce qui conduirait à un ralentissement voire un arrêt de la propagation des fissures constatées. Les contraintes résiduelles sont susceptibles d'être fortement modifiées lorsque la soudure a fait l'objet de réparations.

**Demande 10 : Je vous demande d'identifier, pour l'ensemble des réacteurs concernés, les soudures en acier austénitique situées dans des zones susceptibles d'être affectées par le phénomène de CSC ayant fait l'objet de réparations. Vous analyserez l'influence de ces réparations et le cas échéant vous proposerez un programme de contrôle dédié à ces soudures.**

### *iv. Bilan de la relecture des contrôles antérieurs*

Dans le cadre du programme de base de maintenance préventive (PBMP), certaines soudures des tuyauteries RIS font l'objet de contrôle par radiographie puis ultrason en vue de détecter l'apparition de fissures par fatigue thermique. Pour les réacteurs ayant bénéficié d'un contrôle par ultrason, vous avez relu les fiches de suivi d'indications (FSI) correspondantes et identifié 18 indications pouvant correspondre à un phénomène de CSC. Vous avez classé ces indications en fonction de leurs caractéristiques et identifié sur cette base six réacteurs que vous considérez devoir recontrôler à court terme.

Pour ces réacteurs, vous envisagez, en cas de confirmation de l'indication, d'étendre les contrôles aux soudures adjacentes, en application des règles usuelles du PBMP, alors que cette manière de procéder n'est pas nécessairement celle permettant d'optimiser la collecte d'informations utiles à la gestion de cet écart.

**Demande 11 : Je vous demande de justifier la stratégie consistant à limiter l'extension des contrôles aux seules soudures adjacentes à celles présentant des indications.**

## **D. Programme d'expertise en laboratoire**

Vous avez été amené, afin de caractériser les indications détectées, à déposer les tronçons de tuyauterie concernés pour réaliser une expertise destructive en laboratoire et confirmer la nature des fissures et leurs caractéristiques.

Je note que les expertises envisagées à ce stade portent majoritairement sur les réacteurs de type N4. Ces expertises permettront d'acquérir de la connaissance sur le phénomène de CSC de manière générique mais ne contribuent que de manière limitée à caractériser la situation des réacteurs encore en fonctionnement.

À ce jour, vous avez réalisé plusieurs contrôles sur les systèmes RIS et RRA du réacteur n° 1 de la centrale Penly, qui ont détecté des indications de CSC. Toutefois, vous n'avez procédé qu'à l'expertise de deux soudures A18 et une soudure A17 du système RIS.

Je considère que le faible nombre de défauts caractérisés jusqu'à présent ne permet pas d'avoir un échantillon statistique suffisant pour évaluer la dimension des défauts pouvant être présents sur ce type de réacteur et exclure la présence d'un défaut de hauteur supérieure à 3 mm et possiblement axisymétrique. Vous ne prévoyez à ce jour qu'une seule expertise sur une soudure A19 sur un coude qui a été déposé.

**Demande 12 : Je vous demande de compléter votre programme d'expertise afin de renforcer la robustesse des conclusions tirées sur la taille des défauts potentiellement présents sur les réacteurs de 1300 MWe.**

Par ailleurs, vous vous engagez à expertiser une soudure RIS du réacteur B1 de Chooz et à déposer une ligne RIS du réacteur 1 de Civaux. Vous envisagez de déposer une soudure RRA sur un réacteur de type N4 ainsi qu'une soudure RRA et une soudure RIS sur un réacteur de 1300 MWe.

**Demande 13 : Je vous demande de préciser les échéances de ces expertises.**

## **E. Autres points**

La gestion des défauts observés pourrait entraîner la mise à arrêt prolongée de plusieurs réacteurs. Cela pourrait en particulier être le cas de l'ensemble des réacteurs de type N4. **J'attire votre attention sur la nécessité de veiller à la mise en œuvre de dispositions permettant de garantir pendant toute**



**cette durée la conservation des équipements et des structures, en tenant compte de leur environnement.**

Ces mises à l'arrêt prolongées ont un impact sur les activités des équipes chargées de l'exploitation de ces sites. En particulier, les activités de pilotage de transitoires, d'essais périodiques, de consignations de circuit, de lignage et de surveillance en local ou en salle de commande de l'installation seront fortement réduites. Ces activités quotidiennes sont nécessaires à l'acquisition des compétences du personnel en cours d'habilitation et participent au maintien de la compétence des équipes déjà habilitées.

Des dispositions spécifiques doivent donc être prises pour garantir la pérennité de la compétence des équipes et poursuivre l'acquisition des compétences du personnel en cours d'habilitation pendant ces périodes d'arrêt, afin qu'elles soient bien en capacité d'exploiter les réacteurs lorsque ceux-ci pourront redémarrer.

**Demande 14 : Je vous demande de m'indiquer les dispositions envisagées pour maintenir la compétence des équipes chargées de l'exploitation des réacteurs arrêtés de manière prolongée.**

À la date du 10 janvier 2022, vous m'avez transmis votre stratégie concernant la gestion de la problématique [3] ainsi que l'état de vos connaissances des défauts et du phénomène de corrosion sous contrainte constatés [4]. Votre stratégie ainsi que l'état des connaissances ont sensiblement évolué depuis.

**Demande 15 : Je vous demande de mettre à jour ces deux notes. Vous tiendrez compte, le cas échéant, des réponses aux demandes du présent courrier.**