

**Référence courrier :**  
CODEP-DEP-2023-036141

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

Dijon, le 12 juillet 2023

**Objet :** Fissuration par CSC

**Références :** [1] CODEP-DEP-2023-007194 du 30 mars 2023 - Stratégie de contrôles au titre de la fissuration par CSC pour les années 2023 à 2025  
[2] Arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et de circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression  
[3] CODEP-MEA-2023 - 036252 - Avis du Groupe Permanent du 22 juin 2023 émis suite à la séance des 25 et 26 mai 2023  
[4] D400823000197 du 9 mai 2023  
[5] D455022007383 du 31 mai 2023, Détection de défauts de corrosion sous contrainte (CSC) sur des lignes auxiliaires de réacteurs 1300-P'4 et N4 et de défauts de fatigue thermique sur des lignes RIS BF 1300 MW P'4.

Monsieur le directeur,

L'ASN a sollicité l'avis de son groupe permanent d'experts pour les ESPN sur le phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) qui affecte les lignes auxiliaires en acier inoxydable austénitique de vos réacteurs. Le groupe permanent, associé au groupe permanent d'experts pour les réacteurs, s'est réuni les 25 et 26 mai 2023 et a rendu l'avis en référence [3].

Cet avis, ainsi que la poursuite de l'instruction de cette affaire, m'amène à vous formuler les demandes en annexe. **Vous apporterez les réponses, livrables et échéanciers associés à ces demandes avant le 30 septembre 2023, sauf si une échéance spécifique est précisée en annexe.**

Je note que des connaissances d'intérêt sont acquises à la faveur de ce dossier notamment s'agissant des conditions de mise en œuvre des opérations de remontage de lignes et de contrôle des soudures. Je vous invite à diffuser ces connaissances vers les différentes entités d'EDF concernées, afin qu'elles puissent bénéficier à la qualité de la conception, de la fabrication et de contrôle des équipements.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'assurance de ma considération distinguée.

**Le directeur général adjoint**

*Signé*

**Julien COLLET**

## Annexe

### **1. Maintien en l'état des indications attribuables à des fissures de CSC ou de fatigue thermique.**

Par courrier du 30 mars 2023 [1], l'ASN a pris acte de votre stratégie de contrôle pour les lignes RIS et RRA de l'ensemble des réacteurs susceptibles d'être affectées de fissures de CSC.

Dans le cadre du déploiement de cette stratégie, l'examen des soudures par ultrasons est susceptible de mettre en avant des indications attribuables à des défauts de CSC ou de fatigue thermique. Le procédé déployé permet d'en évaluer les dimensions.

L'arrêté [1] définit les conditions sous lesquelles des défauts peuvent être maintenus en l'état. Les justifications associées doivent en particulier inclure la démonstration de la résistance mécanique des défauts, en tenant compte de leur propagation possible pendant la période d'exploitation.

L'ASN a ainsi saisi le groupe permanent afin de connaître son avis sur :

- le caractère suffisant des moyens mis en œuvre par EDF pour détecter et dimensionner les indications dans l'attente de la qualification des méthodes de contrôle utilisées ;
- la cinétique de propagation à considérer ;
- la méthodologie de détermination des dimensions de défauts acceptables.

Le groupe permanent considère dans son avis que la compréhension du phénomène de CSC et de fatigue thermique qui affecte les lignes RIS et RRA des réacteurs reste en évolution, et qu'il est nécessaire de conserver une attitude prudente dans l'appréciation des indications de défaut dont le maintien est envisagé.

Son avis conduit l'ASN à formuler les remarques et demandes suivantes au regard des modalités de maintien en l'état que vous proposez et des éléments de démonstration afférents.

#### *1.1. Détection et le dimensionnement des indications,*

Les soudures contrôlées par ultrason amélioré sont susceptibles de comporter des zones non analysables, dont la présence altère la capacité à interpréter les contrôles. Ainsi, l'ASN rappelle qu'il est nécessaire de maintenir un effort de développement de méthodes complémentaires à l'ultrason amélioré (UTa), et d'y recourir autant que possible dans les cas où l'UTa n'est pas suffisant pour confirmer l'absence de défaut ou caractériser la nature ou la dimension d'une indication.

**Demande 1 : Remettre un calendrier actualisé de développement, de mise en œuvre et de qualification (le cas échéant) des différentes méthodes d'examen non destructif envisagées. Tenir régulièrement informée l'ASN de l'avancement de ces développements<sup>1</sup>.**

*1.2. Cinétique de propagation à considérer*

En considérant l'ensemble des éléments de ce dossier, et l'instruction qui en a été réalisée par l'ASN et l'IRSN, le groupe permanent a formulé dans son avis [3] une recommandation sur les valeurs minimales à retenir pour la cinétique de propagation d'une fissure par corrosion sous contrainte, dans l'étude du maintien en l'état des indications. Tenant compte de l'état actuel des connaissances, il en résulte la demande qui suit.

**Demande 2 : Retenir, pour l'étude du maintien en l'état des indications attribuables à de la corrosion sous contrainte, les valeurs minimales suivantes pour la vitesse de propagation par corrosion sous contrainte :**

	<b>Défauts de hauteur inférieure à 5 mm</b>	<b>Défauts de hauteur supérieure à 5 mm</b>
<b>Soudures non réparées</b>	1 mm/an	1 mm/an
<b>Soudures réparées</b>	1 mm/an	3 mm/an

Je vous rappelle par ailleurs les précédentes demandes de l'ASN, selon lesquelles le risque de propagation par fatigue doit être étudié dans les zones sensibles à ce phénomène. Dans ce cas, la vitesse de propagation la plus pénalisante du défaut doit être retenue.

Compte tenu des incertitudes qui affectent la connaissance de la cinétique des fissures de CSC en situation réelle, l'ASN considère que, parmi les indications qui seraient maintenues en l'état au-delà d'un cycle de fonctionnement, certaines doivent faire l'objet d'un contrôle anticipé par rapport à l'échéance de maintien en l'état justifiée.

**Demande 3 : Réaliser des contrôles de soudures présentant des indications en anticipation de l'échéance de maintien en l'état justifiée, afin de conforter les valeurs de cinétique retenues. La sélection des indications concernées tiendra compte des particularités des soudures (par exemple réparées ou ayant subi des contraintes de montage particulières).**

Les études que vous avez initiées pour évaluer la cinétique d'amorçage et de propagation des fissures de CSC, qui s'appuient sur des modèles numériques de simulation du soudage et le code Coriolis, intègrent l'influence de plusieurs paramètres, dont les contraintes qui s'exercent sur les soudures.

---

<sup>1</sup> Par exemple lors des réunions dites « six semaines » de suivi de cette stratégie.

Certains paramètres, comme le niveau de contraintes résultant du montage des lignes ou la nature des éventuelles réparations réalisées sur les soudures, restent difficiles à caractériser. De plus, les études disponibles actuellement n'expliquent pas les fissures de grande dimension telles que celle constatée sur la soudure A3ZR1 de Penly 1<sup>2</sup>.

Ainsi, l'ASN considère qu'il est nécessaire de compléter les études engagées pour améliorer la compréhension de l'effet des différents paramètres influents, en particulier les contraintes résiduelles de soudage et de montage.

**Demande 4 : Compléter les études relatives à la cinétique d'amorçage et de propagation des défauts de CSC, en étudiant notamment l'influence des contraintes apportées au montage et celle des réparations par soudage.**

L'ASN attend qu'il soit tenu compte des conclusions de ces études dans l'appréciation de la sensibilité des soudures réparées et dans les stratégies de contrôle.

### *1.3. Méthodologie de détermination des dimensions de défaut acceptables*

Pour les soudures susceptibles d'être affectées par un phénomène de fissuration par CSC, vous avez mené des calculs de résistance à la déchirure en partant d'une démarche codifiée et en effectuant certaines hypothèses de calcul. Ces hypothèses portent sur les propriétés des matériaux retenues, la détermination des moments appliqués aux structures, qui s'appuient sur un calcul élastoplastique de ligne, et le choix des cumuls de chargement. Vous vous êtes engagé à transmettre des éléments complémentaires pour étayer votre approche.

**Demande 5 : Transmettre les éléments étayant les hypothèses formulées dans les études mécaniques.**

Par ailleurs, vous avez informé l'ASN de résultats préliminaires d'essais de ténacité sur des soudures déposées des réacteurs de Penly 1 et Civaux 1. Ces résultats d'essais de déchirure confortent la loi de comportement pour le métal de base écroui que vous avez retenue, en montrant par exemple que les valeurs expérimentales de résistance à la déchirure pour certains types de soudure sont largement supérieures aux valeurs retenues pour les calculs de justification. L'ASN souligne l'importance de confirmer ces valeurs.

**Demande 6 : Transmettre les résultats complets des essais réalisés sur des matériaux issus de soudures déposées, et l'ensemble des éléments d'appréciation associés, en vue de leur expertise.**

---

<sup>2</sup> Fissures dont la plus importante est de 155 mm (environ le quart de la circonférence de la tuyauterie) pour une profondeur maximale est de 23 mm, pour une épaisseur de tuyauterie de 27 mm.

Au regard de l'ensemble des éléments ci-dessus, l'ASN considère que votre démarche de justification de la tenue mécanique des défauts est acceptable, sous réserve des résultats des études engagées pour confirmer certaines hypothèses.

#### *1.4. Conséquence pour la sûreté de fuites multiples sur les lignes auxiliaires*

Vous avez transmis des études dites « de robustesse » étudiant les conséquences de la rupture simultanée de deux lignes RIS en fonctionnement normal pour les réacteurs en exploitation.

En complément, le Groupe permanent a recommandé que soient étudiées les conséquences sur la sûreté des réacteurs de fuites de faible débit affectant simultanément l'ensemble des lignes RIS. Vous avez déjà transmis à l'ASN des éléments en ce sens pour les réacteurs de 1300 MWe.

**Demande 7 : Transmettre, avant le 30 novembre 2023, pour l'ensemble des réacteurs, une analyse des conséquences sur la sûreté de fuites simultanées de faible débit sur l'ensemble des lignes RIS.**

**Demande 8 : Vérifier, avant le 30 novembre 2023, que les règles de conduite permettent de gérer une telle situation accidentelle.**

## **2. Réparation des soudures affectées d'indications attribuables à de la CSC ou de la fatigue thermique des lignes RIS et RRA**

L'article 13 de l'arrêté du 10 novembre 1999 dispose que « *les fissures détectées doivent être éliminées sauf justification spécifique appropriée* ».

Ainsi, il est recevable de différer la réparation de soudures affectées d'indications attribuables à de la CSC ou de la fatigue en le justifiant. Toutefois, ces soudures doivent à terme être réparées, pour rétablir un niveau de résistance équivalent à celui qui était visé à la conception.

**Demande 8 : Fournir une stratégie de réparation des soudures affectées d'indications de hauteur mesurable, assortie d'un calendrier de réalisation.**

### **3. Stratégie de contrôle des lignes d'expansion du pressuriseur**

Les lignes d'expansion du pressuriseur présentent des diamètres supérieurs à ceux des lignes RIS et RRA (diamètres entre 14 et 16 pouces). Ces lignes sont en acier austénitique. Vous prévoyez de transmettre le programme de contrôle des soudures réparées de ces lignes d'ici fin août 2023.

Par courrier [1], l'ASN vous demandait cependant de renforcer dès 2023 le contrôle de ces lignes. Par courrier [4], vous avez proposé de réaliser le contrôle d'une sélection de soudures réparées des réacteurs de Fessenheim 1, Blayais 2, Gravelines 2, Flamanville 2 et Cattenom 4 d'ici début 2024.

Les échanges techniques se poursuivent entre nos services sur le choix des soudures à contrôler, en tenant compte des contraintes d'intervention et de la sensibilité des éventuelles réparations associées.

**L'ASN prend acte de votre proposition de réaliser des contrôles sur des lignes d'expansion du pressuriseur de ces réacteurs, les échanges techniques devant se poursuivre pour ce qui concerne la liste des soudures à contrôler en 2023, dans l'attente de la transmission d'une stratégie de contrôle complète.**

### **4. Opérations de remplacement des lignes RIS et RRA**

Vous êtes amené à procéder au remplacement de plusieurs tronçons des lignes RIS et RRA. Les instructions de dossier et les inspections menées sur site ont mis en évidence les points suivants.

#### *4.1. Elimination de la zone affectée thermomécaniquement (ZATM) lors de la dépose des soudures existantes*

Lors de la réalisation d'une soudure, le métal de base des tuyauteries soudées subit des modifications liées à l'apport de chaleur dans une zone appelée ZATM (zone affectée thermo-mécaniquement). Elle doit être éliminée lorsqu'une découpe de la soudure a été réalisée (pour remplacement ou suite à une réparation locale). Les dossiers d'intervention prévoient l'élimination de cette zone, mais il est possible que cela ne soit pas entièrement réalisable.

**Demande 9 : Je vous demande :**

- **d'identifier les soudures réalisées sur une ZATM non entièrement éliminée ;**
- **de transmettre vos conclusions sur l'état métallurgique (écrouissage, contraintes) dans le cas où une soudure a été réalisée sur une ZATM non entièrement éliminée ;**
- **de proposer un suivi en service adapté si ces soudures présentent un risque accru de CSC.**

#### *4.2. Suivi et influence des déplacements imposés aux lignes lors du montage*

Lors des opérations de remplacement des tuyauteries RIS et RRA, l'accostage du tronçon de fermeture des lignes peut avoir été accompagné d'un déplacement des tuyauteries qu'il relie, afin de permettre l'alignement des chanfreins à souder.

Les inspections réalisées par l'ASN, ainsi que l'instruction des dossiers de repose des lignes, montrent que ces opérations d'alignement ne sont pas documentées avec un niveau de précision suffisant, et ne permettent pas à ce stade d'assurer la traçabilité des éventuels déplacements imposés au montage des lignes.

Ces déplacements sont susceptibles d'être à l'origine de contraintes secondaires dans les lignes, qui dépendent de l'ampleur du déplacement, de la rigidité des lignes et de la position des supportages. Il est ainsi nécessaire de les maîtriser.

**Demande 10 : Pour l'ensemble des interventions de repose de lignes auxiliaires, définir des modalités de mesure des déplacements imposés, et définir des valeurs de déplacement maximum acceptables. A cet effet, il est attendu :**

- **que vous procédiez, lors des chantiers à venir, à des relevés topographiques permettant d'évaluer les déplacements imposés aux lignes entre le début des opérations d'alignement du tronçon de fermeture, et la fin du soudage ;**
- **que vous procédiez à une analyse paramétrique des contraintes qui résultent de ces déplacements ;**
- **que vous en tiriez les conclusions, notamment sur les valeurs maximales de déplacements imposés et sur la nécessité de procéder au suivi en service de certaines soudures des chantiers réalisés.**

**Vous mettrez à jour les dossiers de ces interventions prévus par l'article 10 de l'arrêté du 10 novembre 1999 en tenant compte de ces démarches.**