

**Référence courrier :**  
CODEP-DEP-2022-053700  
**Affaire suivie par :**

**Monsieur le Directeur  
de la Division Production Nucléaire  
Site Cap Ampère  
1, place Pleyel  
92282 SAINT DENIS CEDEX**

Dijon, le 21 novembre 2022

**Objet :** Fissures de corrosion sous contraintes détectées sur les tuyauteries auxiliaires en acier austénitique du circuit primaire principal (CPP) de différents réacteurs à eau sous pression - suite de la réunion des groupes permanents des 22 et 23 septembre 2022

**Références :** [1] CODEP-DEP-2022-039910 – saisine du groupe permanent  
[2] CODEP-MEA-2022-038445 - Avis du Groupe Permanent « Equipements sous pression nucléaires » émis lors de sa réunion des 22 et 23 septembre 2022.  
[3] CODEP-DEP--2022-049004 - suite de la réunion des groupes permanents des 22 et 23 septembre 2022  
[4] Avis complémentaire à l'avis CODEP-MEA-2022-038445 relatif aux fissures de corrosion sous contraintes (CSC) détectées sur des tuyauteries auxiliaires en acier austénitique du circuit primaire principal de différents réacteurs à eau sous pression du parc d'EDF  
[5] CODEP-DEP-2022-037594 - Découverte de fissures de corrosion sous contrainte sur plusieurs réacteurs du parc, et stratégie associée.

Monsieur,

En fin d'année 2021, dans le cadre de la deuxième visite décennale du réacteur 1 de la centrale de Civaux ainsi que durant la troisième visite décennale du réacteur 1 de celle de Penly, les contrôles périodiques ont révélé la présence de fissures dans des tuyauteries des circuits d'injection de secours (RIS) du circuit primaire principal (CPP).

L'état d'avancement des connaissances sur le phénomène, confirmé comme résultant d'un mécanisme de fissuration par corrosion sous contraintes (CSC), a été présenté au groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN) lors d'une séance d'information qui s'est tenue le 11 mars 2022. Une seconde séance, destinée à présenter l'évolution des connaissances et à examiner certains points particuliers, s'est tenue les 22 et 23 septembre 2022 [1]. Ces réunions ont été tenues avec l'appui des membres du groupe permanent d'experts pour les réacteurs.

Sur les points objets de la saisine [1], le GPESPN a fait part à l'ASN de son avis et de ses recommandations par document en référence [2]. Les demandes de l'ASN prises sur la base de ces recommandations vous ont été transmises par le courrier [3].

Au vu des échanges lors des séances précitées, le groupe permanent a identifié plusieurs points d'attention pour lesquels il lui est apparu souhaitable d'exprimer sa compréhension de la situation et de formuler des recommandations. Il s'est donc réuni à nouveau le 13 octobre 2022 afin d'élaborer un second avis [4].

Vous trouverez en annexe à ce courrier les demandes de l'ASN sur les points objet de l'avis du GPESPN précité. **Les réponses à ces demandes sont attendues sous un délai d'un mois.**

Je vous rappelle également que les réponses au courrier [5] ne me sont pas parvenues. **Je vous demande de me les transmettre dans un délai de quinze jours.**

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

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

Signé

**Julien COLLET**

## **Annexe à la lettre CODEP-DEP-2022-053700**

### **Cinétique de croissance des défauts**

Vous avez réalisé des travaux d'estimation de la cinétique de propagation des fissures détectées sur les systèmes RIS. Cette cinétique sera valorisée pour déterminer la périodicité des contrôles à venir ou pour justifier le maintien en l'état d'indications dans l'attente de leur réparation. Deux modes de propagation sont à prendre en considération, la propagation par corrosion sous contrainte et la propagation par fatigue.

Concernant la propagation par le phénomène de corrosion sous contrainte, le groupe permanent recommande que la cinétique soit déterminée avec prudence. Concernant la propagation par fatigue, vous indiquez que les expertises réalisées n'ont pas mis en évidence ce mode de propagation. Toutefois, dans certaines configurations (dépendant du niveau de chargement et de l'étendue de la fissuration), la propagation pourrait se poursuivre par fatigue.

**Je vous demande d'évaluer le niveau de fissuration par CSC qui conduirait à une poursuite de la fissuration par fatigue et de me faire part des conséquences que vous en tirez en termes de programme de contrôle et de méthodologie de justification du maintien en l'état d'indication.**

### **Mesures compensatoires en exploitation**

Vous avez déployé sur l'ensemble de vos réacteurs en fonctionnement des mesures compensatoires qui valorisent l'utilisation des détecteurs incendie pour identifier une fuite avant la rupture de la ligne. En effet, ces détecteurs pourraient se mettre en dérangement en cas de détection de vapeur issue d'une fuite. Toutefois, aucune information n'a été apportée concernant la performance de cette détection, notamment lorsque les tuyauteries sont calorifugées.

**Je vous demande d'étudier les possibilités de renforcer les performances des moyens de détection valorisés dans les zones où se situent les parties des circuits RIS et RRA susceptibles d'être affectées par le phénomène de CSC.**

### **Surveillance des circuits par des méthodes d'examen non destructif**

Vous avez développé un nouveau procédé de contrôle par ultrasons. Cette méthode avancée a été déployée en expertise et ne bénéficie pas encore d'une qualification au sens de l'article 8 de l'arrêté du 10 novembre 1999. Dans la mesure où cette méthode est nécessaire à la détection et à la caractérisation des fissures de CSC, il est nécessaire qu'elle soit qualifiée dans les meilleurs délais.

Je note également que d'autres méthodes de contrôle sont en cours de développement.

**Je vous demande de me tenir régulièrement informé des travaux en cours visant à la qualification de ce procédé et des autres procédés que vous développez ou développerez pour détecter des fissures de CSC.**

Par ailleurs, dans le cadre des soudures de remontage des lignes réalisées sur certains réacteurs dont le réacteur 1 de la centrale de Civaux, il a été mis en évidence des difficultés pour assurer les contrôles à venir. Vous avez consécutivement pris des dispositions pour que les conditions de réalisation des soudures permettent un contrôle des futures soudures. Dans la mesure où des réparations à l'identique sont réalisées, le risque de fissuration par CSC ne peut pas être exclu et il est donc particulièrement important de réaliser des soudures présentant la meilleure contrôlabilité possible.

**A ce titre, je vous demande de me transmettre, à l'issue de la réparation de chaque réacteur concerné par la CSC, un état de la conformité des soudures réalisées au regard des critères que vous avez défini pour assurer leur contrôlabilité. Vous me ferez connaître également les solutions que vous envisagez pour le suivi en service des soudures concernées, le cas échéant, par des difficultés de contrôle.**

### **Analyses mécaniques**

Dans les études de justifications mécaniques que vous avez menées, vous avez retenu les caractéristiques d'un métal de base écroui pour la loi de comportement et pour la ténacité. La prise en compte d'une telle propriété est légitime puisque l'écrouissage apparaît, selon votre analyse, nécessaire à l'apparition de la fissuration par CSC. Toutefois, il convient de retenir des caractéristiques de matériaux prudentes en vue de garantir la prise en compte de la variabilité des matériaux approvisionnés et de l'influence des modes de soudage.

Concernant la valeur de ténacité, vous avez débuté un programme d'essais pour confirmer la valeur actuellement retenue, qui a été déterminée sur la base de la littérature existante. Concernant la loi de comportement, vous avez estimé la corrélation entre la dureté (valeur mesurée lors des expertises) et l'écrouissage sur la base d'une formule issue de vos travaux de recherche. Ensuite, vous avez utilisé la loi de comportement pour un matériau écroui à 6,43 % codifiée dans le code RCC-MRx.

**Je vous demande de préciser la base de données ainsi que les fractiles retenus pour déterminer :**

- la relation entre la dureté et l'écrouissage dans vos travaux de R&D ;
- la loi de comportement utilisée dans le code RCC-MRx ;

**Vous comparerez la représentativité des bases de données et des fractiles retenus à ceux utilisés pour codifier les valeurs matériaux dans le code RSE-M.**

Par ailleurs, l'article 13 de l'arrêté du 10 novembre 1999 impose de vérifier, quand le maintien en service de défauts est considéré, l'absence de risque d'amorçage de la déchirure et l'absence de risque d'instabilité d'une déchirure, en appliquant des coefficients de sécurité spécifiques au risque considéré et à la catégorie de la situation étudiée. Le code RSE-M prévoit, en regard de cette exigence, de pouvoir réaliser les calculs de résistance à la rupture brutale selon deux options. L'option 1, applicable selon les termes du code « *aux structures pour lesquelles le risque de propagation instable de la déchirure est bien distinct du risque d'amorçage de la déchirure ductile* », est supposée dans ce cas couvrir simultanément les risques d'amorçages et d'instabilité, tandis que l'option 2 prévoit des calculs séparés. Les études réalisées sur certaines soudures des tuyauteries RIS des réacteurs des paliers N4 et P'4 ont permis de

comparer les résultats issus des deux options et montrent qu'il existe des cas pour lesquels le calcul réalisé selon l'option 1 ne couvre pas le risque de propagation instable de la déchirure tel qu'il est estimé quand un calcul spécifique est réalisé en mobilisant l'option 2. En d'autres termes, pour ces cas, le risque de propagation instable n'est pas suffisamment distinct du risque d'amorçage pour que l'application de l'option 1 soit considérée comme acceptable au regard des exigences de l'arrêté.

**Dans le cadre des dossiers de justification de maintien en l'état d'indications liées à de la CSC sur des tuyauteries RIS ou RRA, je vous demande de réaliser les calculs de tenue à la résistance brutale en séparant les calculs d'amorçage et d'instabilité.**

**Par ailleurs, dans le cadre des justifications génériques réalisées sur l'ensemble des soudures, je vous demande de réaliser une analyse de sensibilité permettant d'identifier les calculs pour lesquels l'option 1 ne serait pas enveloppe du risque de propagation instable d'une déchirure. Pour ces calculs, vous procéderez à une analyse séparant les calculs d'amorçage et d'instabilité.**

### **Stratégie pour le traitement de l'anomalie**

Votre stratégie actuelle est principalement fondée, pour le court terme, sur des remplacements à l'identique et une surveillance par END renforcée, complétés par la mise en œuvre de dispositions compensatoires et la réalisation d'analyses dans différents domaines (mécanique, métallurgie, sûreté de fonctionnement).

Vous avez en particulier retenu une réparation à l'identique tout en limitant l'apport d'énergie lors du soudage, qui est susceptible de favoriser l'écrouissage et donc l'apparition de CSC.

Bien qu'il soit complexe de définir, dans des délais courts, des modifications d'ampleur des circuits et de leurs procédés de fabrication ainsi que des modes d'exploitation des réacteurs, il apparaît nécessaire d'identifier les évolutions pouvant être mises en œuvre pour limiter le risque d'apparition de CSC, en s'assurant qu'elles n'entraînent pas d'autres effets défavorables.

**Je vous demande de définir une stratégie pour le moyen et long terme, à l'instar de ce qui a permis le suivi et la remédiation dans la durée des anomalies génériques identifiées par le passé. Cette stratégie sera évolutive en fonction de l'acquisition des connaissances.**

**Je vous demande également de mettre en œuvre dès que possible les évolutions qui permettraient de limiter le phénomène de CSC, sous réserve des analyses démontrant leur effet bénéfique et la maîtrise des effets défavorables. Ces évolutions pourront notamment porter sur le nombre de soudures, la géométrie des chanfreins, l'état de surface des soudures (arasage, mise en compression de la paroi interne), le traitement thermique des soudures, le conditionnement thermique des lignes et la réduction d'apports en oxygène par les moyens d'appoint au circuit primaire.**

**Prise en compte du retour d'expérience pour les futurs réacteurs**

Vous avez initié des analyses comparatives entre les réacteurs N4 et le réacteur EPR de Flamanville et concluez à ce stade que le phénomène de stratification serait de moindre ampleur sur ce dernier, qui serait donc moins sensible au phénomène de CSC.

**Je vous demande de me transmettre votre analyse mise à jour sur la base des connaissances disponibles pour le réacteur EPR de Flamanville ainsi que le plan d'action prévu pour limiter le risque de CSC.**

Ce phénomène devra également être pris en compte pour la conception d'autres réacteurs. **Je vous demande de me transmettre votre analyse préliminaire pour les réacteurs de type EPR2.**

**Vous tiendrez compte des résultats de ces analyses dans le programme de suivi et de maintenance de ces réacteurs.**