

Référence courrier :
CODEP-DEP-2023-007194

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

Dijon, le 30 mars 2023

Objet : Stratégie de contrôles au titre de la fissuration par CSC pour les années 2023 à 2025

Références : [1] D455022007005 ind 0 – stratégie d’examens des lignes auxiliaires du CPP au titre du risque de CSC – 2023/2025
[2] Courrier EDF D400822000805 du 12 décembre 2022
[3] Courrier EDF D455023001686 du 10 mars 2023
[4] Arrêté ministériel du 10 novembre 1999
[5] CODEP-DEP-2022-053700 - Courrier ASN du 21 novembre 2022 - suite de la réunion des groupes permanents des 22 et 23 septembre 2022
[6] Courrier EDF D400823000043 du 26 janvier 2023
[7] Courrier EDF D455023000284 du 29 janvier 2023

Monsieur le directeur,

En décembre 2022, vous m’avez remis un projet de stratégie de contrôle et de réparation de l’ensemble des réacteurs au regard du risque de corrosion sous contrainte (CSC), pour les années 2023 à 2025. Cette stratégie faisait suite à la stratégie de contrôle déployée en 2022.

Un élément nouveau est intervenu depuis lors avec la découverte au début de l’année 2023, sur les 194 contrôles réalisés jusque-là, de deux fissures particulièrement profondes : l’une de corrosion sous contrainte¹ et l’autre de fatigue thermique², les deux étant localisées sur des soudures réparées au moment de la fabrication des réacteurs.

¹ 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.

² Fissures dont la plus importante est de longueur 57 mm (représentant moins de 10 % de la circonférence) pour une profondeur maximale de 12 mm.

Vous m'avez transmis, le 10 mars 2023, une révision de votre stratégie de contrôle pour les années 2023 à 2025 tenant compte de ces derniers résultats. Cette stratégie accélère le contrôle des soudures réparées. Vous prévoyez ainsi d'avoir contrôlé, d'ici fin 2023, plus de 90 % des soudures qui présentent une typologie de réparation que vous considérez comme prioritaire.

L'ASN prend acte de cette stratégie de contrôle et considère qu'il est de votre responsabilité de la mettre en œuvre sous les meilleurs délais. Cette stratégie fait l'objet d'un ensemble de demandes portées en annexe au présent courrier.

Des échanges sont par ailleurs encore nécessaires entre nos services sur la justification du calendrier de contrôle des soudures réparées, notamment pour les réacteurs dont plusieurs lignes RIS sont concernées.

L'ASN considère que la découverte d'un défaut de fatigue thermique parmi les grands défauts récemment caractérisés, sur une soudure pour laquelle ce mode de dégradation n'était pas attendu, nécessite des analyses complémentaires. Elle attire également votre attention sur l'importance des analyses et examens qui doivent être menés pour ce qui concerne les autres lignes en acier inoxydable des circuits primaires des réacteurs, pour lesquels vous proposez un premier plan d'action à compléter d'ici la fin du mois d'août 2023.

Les résultats des contrôles et expertises complémentaires prévus en 2023 et dans les années à venir sont susceptibles de faire évoluer les connaissances sur le phénomène de CSC et les facteurs à l'origine de son apparition. Ceci doit vous amener à continuer à considérer votre stratégie comme évolutive, au regard de la compréhension du phénomène, qui à ce stade ne peut être considérée comme complète.

Je vous demande de me transmettre un bilan régulier de la mise en œuvre de votre stratégie.

Vous trouverez en annexe I de ce courrier la liste de mes demandes, pour lesquelles une réponse est attendue dans un délai de dix jours.

Vous apporterez les réponses et échéanciers associés à mes autres demandes, en annexe II de ce courrier, dans un délai de deux mois.

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

Le directeur général de l'ASN

Olivier GUPTA

Annexe I au courrier CODEP-DEP-2023-007194

Demandes à traiter prioritairement

1. Justifications apportées par EDF pour les réacteurs ayant des soudures réparées de catégorie 1 ou 2

Les justifications de tenue mécanique des défauts produites à ce jour ne couvrent pas les défauts détectés à proximité des soudures A3ZR1 de la ligne RIS BC (branche chaude) du réacteur de Penly 1 et A10 de la ligne RIS BF2 (branche froide 2) de Penly 2. Ces soudures sont des soudures réparées de catégorie 1 ou 2, selon la catégorisation proposée dans votre courrier [7]

Ainsi, la première ligne de défense que constitue le maintien de l'intégrité de la tuyauterie sous l'effet de situations d'exploitation prises en compte à la conception n'est potentiellement pas justifiée pour les soudures réparées de catégorie 1 ou 2.

Vous estimez, dans votre courrier en référence [3], que la prise en compte des soudures réparées ne modifie pas les conclusions de l'analyse de sûreté réalisée en 2022 à la suite de la découverte des premiers défauts.

Des défauts non justifiés mécaniquement ayant été dernièrement détectés, l'ASN ne partage pas vos conclusions. Les études de robustesse réalistes transmises en 2022 ne peuvent être le seul argument à considérer pour justifier le maintien en fonctionnement jusqu'à leur contrôle des réacteurs présentant des soudures réparées de type 1 ou 2. Si ces études permettent d'apporter une appréciation sur l'absence d'effet falaise en cas de double rupture des lignes RIS ou RRA, elles ne constituent pas une démonstration de sûreté.

Des éléments complémentaires de justification sont attendus de votre part dans les prochains jours sur le sujet. Les échanges techniques se poursuivront à leur réception.

EDF devra tirer les conséquences de ces échanges sur le calendrier de contrôle des réacteurs, notamment Nogent 1 et Cruas 2, qui ont des soudures réparées sur deux lignes RIS BF et qui ne seront pas contrôlées avant plusieurs mois.

2. Stratégie de contrôle des lignes RIS et RRA

Vous avez établi une liste des soudures réparées lors de la fabrication sur l'ensemble des systèmes RIS et RRA des réacteurs. Ce travail a été mené sur la base des informations à disposition de vos services

nationaux d'ingénierie. Dans le cadre des contrôles sur le réacteur Gravelines 1, vous avez constaté la présence d'une soudure réparée qui n'avait pas été identifiée comme telle (votre liste faisant apparaître la mention « données manquantes » pour cette soudure).

Les investigations menées vous ont permis de retrouver des éléments retraçant cette réparation dans la documentation présente sur site.

Cet écart met en évidence que, lors du recensement des soudures réparées, il n'a pas été possible de vous positionner sur l'historique de toutes les réparations. Vous avez identifié toutes les soudures classées présentant des données manquantes et prévoyez de réaliser des investigations complémentaires.

Demande 1 : Achever le travail d'identification des soudures réparées en tenant compte des informations disponibles sur les sites et transmettre à l'ASN une liste actualisée des soudures réparées, incluant leur classement par catégorie. Adapter votre stratégie de contrôle en fonction des résultats obtenus.

A l'issue des investigations complémentaires engagées, en l'absence d'éléments permettant de confirmer l'absence de réparation, vous prévoyez de les contrôler au même titre que des catégories 1 ou 2. **Je considère que cette démarche prudente est adaptée à la situation.**

Cet écart fait par ailleurs apparaître la disponibilité de données complémentaires sur les sites par rapport à celles utilisées par vos services nationaux. Ainsi, il apparaît nécessaire de vous assurer que les données disponibles sur les sites ne contiennent pas d'information supplémentaire qui vous conduirait à identifier de nouvelles soudures réparées.

Demande 2 : Proposer des modalités permettant d'avoir un haut niveau de confiance sur la complétude du recensement, notamment en vous appuyant sur les données disponibles sur les sites.

Annexe II au courrier CODEP-DEP-2023-007194

Autres demandes

1. Stratégie de contrôle des lignes RIS et RRA

Au cours du premier semestre 2022, l'absence de moyen de contrôle considéré comme suffisamment fiable et performant vous a conduit à déposer des soudures sur différents réacteurs afin de réaliser des expertises en laboratoire pour caractériser le phénomène de fissuration par corrosion sous contrainte. Ces expertises ont porté sur le système d'injection de sécurité (RIS) et le système de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA). Les résultats obtenus et votre analyse des différents paramètres influents vous ont servi à établir un classement de la sensibilité à la CSC des différentes lignes des systèmes RIS et RRA.

En parallèle, vous avez engagé des travaux de développement d'un nouveau procédé de contrôle par ultrasons, capable de détecter et mesurer la profondeur des fissures de CSC. Bien que ce procédé ne soit pas encore formellement qualifié, vous avez apporté des éléments préliminaires de justification de ses performances, qui permettent qu'il soit mis en œuvre sur les réacteurs et qu'il contribue à la poursuite de la stratégie de suivi du phénomène de CSC.

L'ASN souligne le caractère conséquent et nécessaire de ce travail réalisé tout au long de l'année 2022.

Au second semestre, ce nouveau procédé vous a permis de contrôler un ensemble de soudures dans des zones que vous avez considérées comme prioritaires afin de consolider les connaissances disponibles. Toutefois, sa mise en œuvre et l'analyse des résultats obtenus nécessitent des ressources importantes, ce qui conduit à ce que vos capacités de contrôle avec ce nouveau procédé soient limitées.

Compte tenu des ressources requises par votre procédé d'examen par ultrasons et de la dosimétrie associée, vous n'envisagez pas de contrôler de manière exhaustive les soudures des lignes susceptibles d'être concernées. Votre stratégie de contrôle repose ainsi sur une priorisation des contrôles, selon des critères que vous avez établis.

Sur la base des résultats des contrôles réalisés en 2022 et de la géométrie des tuyauteries, vous considérez le classement en sensibilité suivant pour les systèmes RIS et RRA en fonction des types de réacteur :

- lignes dites fortement sensibles et sensibles : N4 RIS BF, P'4 RIS BF, N4 RRA BC ;
- lignes peu sensibles : CPY RRA aspiration, P4 RIS BF ;
- lignes très peu sensibles : les autres lignes RIS et RRA (aucun cas détecté).

Vous avez procédé à des travaux de remplacement conséquents sur les lignes RIS en branches froides et RRA en branches chaudes des quatre réacteurs de type N4. Vous avez également débuté des travaux de remplacement sur des lignes RIS BF sur plusieurs réacteurs de type P'4. Ce remplacement sera

effectué d'ici fin 2023 pour l'ensemble des autres réacteurs de type P'4, à l'exception de celui de Cattenom 4, pour lequel vous déciderez des réparations à effectuer en fonction des résultats des contrôles prévus en 2023³.

Lors de ces opérations de remplacement, vous avez prévu de procéder également à des contrôles des soudures de raccordement aux tuyauteries primaires principales du côté du piquage moulé sur deux réacteurs. Enfin l'année 2023 doit permettre de capitaliser un ensemble de résultats d'expertises sur de tronçons déposés de sorte à améliorer la connaissance du phénomène.

Pour les autres lignes RIS et RRA, le programme de contrôle pour les années 2023 à 2025 proposé vise à :

- contrôler les lignes que vous considérez peu sensibles en effectuant un examen sur une sélection de soudures jugées les plus à risque ;
- compléter les éléments disponibles sur les lignes que vous considérez comme non sensibles en réalisant des contrôles par sondage.

Ce programme complètera les connaissances sur les systèmes considérés et permettra de consolider le classement en sensibilité des lignes, notamment pour les lignes que vous considérez comme non sensibles, qui ont à ce stade fait l'objet de peu de contrôles.

Par ailleurs, les opérations de réparation des soudures lors de leur réalisation initiale sont susceptibles de modifier l'érouissage du métal et les contraintes résiduelles dues au soudage. Ces deux paramètres influent sur l'apparition et, le cas échéant, la propagation de fissures de CSC.

Il a notamment été mis en évidence des fissures de profondeur importante sur une soudure de la ligne RIS BC du réacteur de Penly 1, qui est pourtant considérée comme non sensible. Ce cas illustre le fait que qu'une réparation est susceptible de sensibiliser une soudure située sur une ligne jugée non sensible.

Vous avez ainsi complété votre stratégie d'un programme de contrôle des soudures réparées [3] qui permettra de contrôler l'ensemble des soudures réparées des lignes RIS et RRA, indépendamment de la sensibilité de la ligne sur laquelle elles sont situées. Votre programme priorise les investigations sur les typologies de réparations jugées les plus à risques, qui seront contrôlées pour la majorité dès 2023 et dont le solde sera contrôlé au 1^{er} trimestre 2024.

³ Les parties hautes des quatre lignes RIS BF de Cattenom 4, plus chaudes et donc jugées plus sensibles à la fissuration par CSC, ont fait l'objet de dépose pour expertise en laboratoire en 2022 et aucune fissure n'a été mise en évidence.

Pour les soudures présentant un risque plus faible selon votre typologie, un contrôle sera réalisé dans les cas suivants :

- sur les réacteurs dès leur prochaine visite décennale ou visite partielle ;
- sur les réacteurs P'4 qui feront l'objet de travaux de remplacement de leurs lignes RIS ;

Les soudures réparées de cette typologie, sur les lignes peu sensibles à la CSC (RRA BC pour les réacteurs CPY et RIS BF pour les réacteurs P4), seront contrôlées lors de leur prochaine visite décennale ou visite partielle ou lors d'un arrêt pour rechargement qui contiendrait des opérations de maintenance.

Ce programme permettra d'avoir contrôlé plus 90 % des soudures réparées d'ici la fin de l'année 2024 et l'ensemble d'ici fin 2025.

J'attire votre attention sur le fait que votre classement des typologies de réparation est issu d'une première analyse empirique, et que celui-ci pourrait devoir évoluer en fonction des résultats de vos travaux de recherche et des contrôles à venir.

L'ASN note également que le programme de contrôle proposé hors soudures réparées repose sur votre classement en sensibilité des lignes, qui a été établi principalement au regard de leur comportement thermohydraulique. Toutefois, il est apparu lors des expertises et contrôles que, pour des lignes identiques, certaines présentaient des fissures de CSC et d'autres non. Ainsi, d'autres facteurs influent sur l'occurrence de CSC sans qu'il ne vous ait été possible de les identifier ou de quantifier précisément leur contribution. La poursuite des contrôles et de vos travaux d'expertises sont susceptibles de conduire à compléter les connaissances en la matière, qui pourront nécessiter de faire évoluer votre stratégie.

A ce titre vous prévoyez de partager avec l'ASN l'état des connaissances au fur et à mesure de leur acquisition, de réaliser des points d'étape toutes les six semaines et de dresser un bilan au terme des six premiers mois de l'année. Vous proposerez le cas échéant les évolutions de votre stratégie qui en découleraient, en prévoyant une mise en œuvre immédiate là où cela s'avèrerait nécessaire.

1.1. Prise en compte de la découverte de fissures de fatigue thermique

Le 6 mars 2023, vous avez déclaré un événement significatif pour la sûreté relatif à la découverte de fissures de fatigue thermique sur les réacteurs de Penly 2 et de Cattenom 3. Ce phénomène n'était pas attendu sur ces soudures. Les deux réacteurs sont de type P'4 (1 300 MWe).

Les fissures de fatigue thermique ont été détectées sur les lignes situées en branche froide du système d'injection de sécurité (RIS) lors des contrôles visant à rechercher de la corrosion sous contrainte. Les réacteurs étaient alors à l'arrêt.

A ce stade, vous notez que les investigations menées sur les autres réacteurs P'4 n'ont pas mis en évidence de présence simultanée sur une même soudure de fissures liées à la fois aux phénomènes de corrosion sous contrainte et de fatigue thermique. De même, aucune fissure détectée ne présente un mode de propagation mixte.

Je considère que la découverte de ces deux fissures de fatigue implique la réalisation d'une analyse des causes détaillée, et que vous devrez mettre à jour votre programme de maintenance en conséquence.

Demande 3 : Transmettre une analyse des causes de l'apparition de fissures de fatigue. En particulier, sans que votre analyse se limite à ces éléments :

- réaliser des calculs de propagation par fatigue tenant compte des hypothèses de stratification thermique des lignes, et vérifier si les résultats ainsi obtenus sont cohérents avec les dimensions des défauts observés ;
- transmettre le programme d'investigation relatif à la fatigue thermique prévu, préciser les actions concernant les lignes déposées des réacteurs de Cattenom 3 et Penly 2, y compris dans les parties courantes de tuyauteries ;
- identifier le domaine d'apparition de la fatigue thermique et de la fissuration par corrosion sous contrainte et les éventuels domaines d'apparition mixte.

Adapter la stratégie de contrôle en fonction des résultats des études.

1.2. Observations sur la sélection des soudures contrôlées pour les lignes RIS et RRA

Vous considérez les lignes RIS BF des réacteurs P4 comme peu sensible.

Selon vos études, la soudure A13 présente les contraintes les plus importantes et vous proposez donc son contrôle sur l'ensemble des lignes des réacteurs. Les examens réalisés jusqu'ici n'ayant pas mis en évidence d'indication de CSC de façon systématique sur cette soudure, l'ASN considère que cette approche doit être complétée en contrôlant au moins deux soudures par ligne afin d'avoir une meilleure assurance de détecter le phénomène.

En complément de cette soudure, toutes les soudures réparées présentes sur les tronçons à température suffisante pour permettre la manifestation de ce mode d'endommagement (soudures A5 à A14) seront contrôlées.

Pour le réacteur de Paluel 3, vous prévoyez de contrôler une soudure en complément.

Les réacteurs de Paluel 2 et de Saint-Alban 2 présentent des FSI P2⁴ sur les soudures A13 et seront contrôlés en 2024 et 2025. Un arrêt pour simple rechargement est prévu sur le réacteur de Saint-Alban 2 en 2024.

Demande 4 : Contrôler au moins deux soudures par ligne sur les systèmes RIS BF des réacteurs RIS P4.

Demande 5 : Contrôler la soudure A13 du système RIS BF de Saint-Alban 2, qui présente une indication, lors de l'arrêt de 2024.

⁴ Fiche de suivi d'indication : la relecture des rapports de contrôles antérieurs des soudures a conduit EDF à considérer que ces soudures présentent des indications pouvant être attribuées à des fissures de CSC mais dont le recontrôle n'était pas prioritaire.

1.3. Stratégie de contrôle pour les soudures réparées des lignes RIS et RRA

Vous prévoyez de contrôler d'ici fin 2025 l'ensemble des soudures réparées des systèmes RIS et RRA. Une priorisation est faite sur certaines soudures afin de les contrôler sur le programme 2023/2025.

Vous prévoyez de réaliser un point d'étape des éléments techniques disponibles au plus tard le 15 juillet 2023.

Demande 6 : Poursuivre vos travaux de recherche relatifs à l'évaluation de l'influence des différentes typologies de réparation sur le risque de CSC, et transmettre un échéancier de réalisation de ces travaux.

Le cas échéant, vous réinterrogez votre stratégie de contrôle pour tenir compte de l'évolution des connaissances sur l'impact des réparations sans attendre ce point d'étape.

1.4. Stratégie d'extension des contrôles en cas d'indication sur les lignes RIS et RRA

En cas de découverte d'indication :

- pour les lignes considérées comme peu sensibles, vous prévoyez une extension limitée en cas d'indication de plus de 2 mm de hauteur :
 - Cas du RRA BC du CPY : extension à A2 (contrôle initial de A5 et M4) ;
 - Cas du RIS BF du P4 : extension à A10 (contrôle initial de A13) ;
- pour les lignes considérées comme non sensibles, vous prévoyez une extension dans les trois cas suivants :
 - une indication supérieure à 3x20 mm (hors incertitudes) est mise en évidence ;
 - une évolution de l'indication est constatée lors du suivi (longueur ou hauteur) ;
 - de la CSC est mise en évidence par l'expertise destructive.

Ce programme a pour objectif de détecter la présence de fissuration de CSC sur les différents systèmes, **considérés a priori comme peu ou non sensibles**. Ainsi, la découverte sur une ligne d'une indication de plus de 2 mm imputable à de la CSC serait susceptible de remettre en cause vos conclusions relatives à la sensibilité de cette ligne.

L'extension des contrôles que vous proposez, limitée dans certains cas à une seule soudure, apparaît dès lors insuffisante au regard de l'objectif de détecter l'ensemble des fissures susceptibles de porter préjudice à l'intégrité de la ligne concernée.

Demande 7 : pour l'ensemble de ces lignes, qu'elles soient considérées comme peu sensibles ou non sensibles, en cas de découverte d'indication de hauteur supérieure à 2 mm :

- **étendre les contrôles sur le réacteur afin de vérifier le classement en sensibilité de la ligne ;**
- **si le caractère sensible est confirmé, étendre les contrôles afin de garantir l'absence de défauts préjudiciables à l'intégrité de l'appareil.**

Si le classement en sensibilité d'une ligne devait être remis en question, la stratégie de contrôle pour l'ensemble des réacteurs concernés devra être adaptée dans les meilleurs délais.

1.5. Zones non analysables des soudures des lignes RIS et RRA

Lors de l'analyse des données acquises par le procédé de contrôle par ultrason, il est possible que certaines zones soient classées comme non analysables. Ceci peut être dû à des difficultés liées à la surface de la tuyauterie ou la structure même du matériau.

Lignes sensibles

Les contrôles à venir sur ces lignes sont les contrôles « point zéro » ainsi que les contrôles prévus sur Cattenom 4 et les soudures M13 de RRA BC du palier N4.

Vous proposez de considérer comme un écart la présence de zones non analysables (ZNA) de plus de 80 mm de longueur. Vous ne proposez toutefois pas de modalités de traitement de l'écart.

Demande 8 : préciser les actions qui seront menées à la suite d'un contrôle « point zéro » présentant des ZNA de plus de 25 % (longueur cumulée sur les deux abords de la soudure ramenée à la circonférence), permettant de garantir un suivi en service offrant le niveau d'assurance attendu.

Lors des contrôles sur une ligne sensible ne constituant pas un point zéro, en cas de ZNA supérieure à 25 % (longueur cumulée sur les deux abords de la soudure ramenée à la circonférence), réaliser des contrôles complémentaires ou une analyse spécifique pour confirmer l'absence de défaut préjudiciable.

Lignes peu sensible ou non sensibles

L'un des objectifs des contrôles prévus sur la période 2023/2025 est de confirmer le classement en sensibilité de ces lignes. Un taux de sondage suffisant doit donc être réalisé pour apporter une confirmation robuste de cette analyse de sensibilité.

Pour ces lignes, vous considérez qu'en cas de ZNA supérieure à 25 % (**longueur cumulée sur les deux abords de la soudure ramenée à la circonférence**), un écart doit être ouvert. Toutefois, aucune action complémentaire n'est prévue.

Vous proposez un bilan semestriel pour évaluer si le taux de ZNA ne remet pas en cause les objectifs de la stratégie.

Demande 9 : Si la quantité de ZNA rencontrée lors des contrôles réalisés lors du premier semestre 2023 remet en cause l'atteinte des objectifs, présenter un programme de contrôle complémentaire lors du bilan semestriel permettant de les atteindre.

En cas de ZNA de plus de 50 % (longueur cumulée sur les deux abords de la soudure ramenée à la circonférence), réaliser un nouveau contrôle sur une soudure équivalente lors de l'arrêt en cours du même réacteur ou réaliser des contrôles complémentaires.

Impact des ZNA en présence d'indication de hauteur mesurable (supérieure à 2 mm)

J'attire enfin votre attention sur le fait que la détection d'une indication de hauteur supérieure à 2 mm ne s'accompagne d'aucun critère par rapport à l'extension des ZNA pour conclure sur le traitement de l'indication. Ce point sera donc traité au cas par cas, et pourra nécessiter la réalisation de contrôles complémentaires ou le remplacement de la soudure.

Cas des soudures réparées

Demande 10 : Dans le cas des soudures réparées, réaliser une analyse au cas par cas du caractère suffisant de la couverture des contrôles, notamment par rapport à la position des réparations et, le cas échéant, réaliser des contrôles complémentaires ou remplacer la soudure.

Procédure d'acquisition des ultrasons améliorés

Sur certaines soudures, les zones non analysables ont pu être réduites en réalisant une acquisition sur un index (distance par rapport à l'axe de la soudure) supplémentaire ou en recourant à une fréquence d'acquisition supplémentaire.

Demande 11 : Evaluer le bénéfice de réaliser préventivement l'acquisition d'un index supplémentaire et/ou d'une fréquence supplémentaire de manière systématique, notamment pour les soudures réparées.

1.6. Conformité de la géométrie des lignes et de leurs supportages

La position et la nature des supportages des lignes constituent des données d'entrée des estimations des chargements issues des études de flexibilité des lignes. Vous avez indiqué réaliser des vérifications de la conformité des supportages en visites décennale, ce programme étant soldé pour les réacteurs de 1300 MWe et en cours pour ceux de 900 MWe. Vous n'avez jusqu'à présent pas identifié d'écart significatif.

Demande 12 : Transmettre une synthèse des actions entreprises pour vérifier la conformité de la géométrie des lignes et de leurs supportages pour les systèmes RIS et RRA de tous les réacteurs par rapport aux hypothèses prises dans les calculs de flexibilité de lignes (en particulier la position des points fixes).

En l'absence de vérification de la conformité des supportages, dans le cadre de l'examen d'un maintien en l'état d'une indication de hauteur supérieure à 2 mm, réaliser une vérification lors de l'arrêt en cours de la conformité par rapport aux hypothèses de calcul.

1.7. Prise en compte de l'état stratifié dans les chargements mécaniques

Dans la stratégie 2023/2025, l'estimation des chargements courants est utilisée pour justifier la sélection des soudures suivies en service. Ces estimations de contraintes sont fondées sur les études de

flexibilité des dossiers de référence réglementaires. Ces études ne considèrent pas nécessairement une situation stratifiée.

Selon votre nouvelle analyse menée à la lumière des défauts de CSC constatés, les études des lignes RIS BF des réacteurs P'4 devraient postuler un état stratifié. Des compléments de calcul sont prévus à échéance de fin mars 2023.

En particulier au regard des défauts de fatigue thermique récemment mis en évidence sur des réacteurs de types P'4, il est nécessaire de mettre à jour les calculs de facteur d'usage de ces lignes en tenant compte de la stratification.

Demande 13 : Transmettre les conclusions des études de tenues mécaniques pour les lignes RIS BF des réacteurs P'4.

Mettre à jour le facteur d'usage en tenant compte des effets d'environnement pour les lignes RIS BF des réacteurs P'4.

Adapter la stratégie de contrôle si nécessaire en fonction des résultats des études.

1.8. Connaissance des chargements dans les lignes RIS et RRA - Instrumentation des lignes

La connaissance de la distribution de la température et des phénomènes thermohydrauliques (vortex par exemple) dans les lignes est nécessaire pour évaluer les chargements mécaniques, apprécier le risque de CSC et étayer la stratégie de contrôle. Par courrier du 26 janvier 2023 [6], vous indiquez qu'un programme de R&D est engagé pour progresser sur la compréhension des phénomènes physiques et que la première étape consiste à définir les actions à mener à partir d'une analyse des données disponibles, de la compréhension phénoménologique actuelle et des capacités numériques de simulation.

En parallèle, vous prévoyez d'installer des bandelettes de mesure de température sur les lignes RIS et RRA remplacées des réacteurs des centrales de Civaux, Chooz et Penly. Ces dispositifs permettront de confirmer l'étendue des zones froides lors de leur retrait à l'issue d'un cycle de fonctionnement.

Demande 14 : Transmettre le détail du programme de R&D et les délais associés.

Transmettre les objectifs de l'installation de bandelettes, les conditions de mise en œuvre et les délais associés.

Proposer un programme d'installation dès que possible de bandelettes de mesure de température sur au moins un des réacteurs de chaque type afin de pouvoir vérifier certaines hypothèses ayant permis le classement en sensibilité des lignes (notamment l'absence de température élevée en partie basse de ligne).

2. Stratégie pour les zones en acier austénitique autres que les lignes RIS et RRA

En l'état des connaissances, vous considérez que les autres lignes en acier austénitique du circuit primaire principal ne présentent pas la même sensibilité au risque de CSC que les lignes RIS et RRA.

Toutefois, vous avez engagé des actions et prévoyez la transmission d'ici le 31 août 2023 d'un programme d'investigation dédié qui tiendra compte de la présence de soudures réparées.

L'ASN prend note de cette position et considère que l'engagement de contrôles reste nécessaire pour consolider vos conclusions actuelles au regard de la sensibilité de ces lignes. Cela est notamment le cas pour les soudures réparées de ces lignes, considérant la découverte de défauts de profondeur importante sur la ligne RIS branche chaude du réacteur de Penly 1.

2.1. Branches primaires principales

Vous prévoyez de réaliser des contrôles par ressuage de quinze coudes déposés lors d'opérations de remplacement de générateur de vapeur. Le solde de ces contrôles est prévu mi-2024.

Demande 15 : Transmettre au fur et à mesure les résultats des contrôles de ressuage ainsi que vos conclusions intermédiaires.

2.2. Ligne de diamètre inférieur ou égal à 6 pouces

A ce jour aucune analyse spécifique n'a été réalisée pour évaluer la sensibilité à la corrosion sous contrainte des lignes de diamètre inférieur ou égal à 6 pouces. Vous avez cependant indiqué que l'analyse d'expertises antérieures n'a pas révélé de corrosion sous contrainte. Vous prévoyez de réaliser des expertises complémentaires sur ces matériels. Vous prévoyez également d'expertiser un tronçon du système RCV du réacteur de Fessenheim 1 lors du second trimestre 2023.

Vous indiquez qu'une adaptation du procédé de contrôle par ultrason amélioré est en cours pour les tuyauteries de diamètre 6 pouces et devrait être disponible en septembre 2023. Des procédés de contrôle par radiographie et par courant de Foucault sont également en cours de développement pour les tuyauteries de faibles diamètres avec l'objectif d'une disponibilité d'ici fin 2023.

Bien que certains dispositifs puissent être disponibles dès 2023, vous ne prévoyez pas de les déployer avant 2025.

Demande 16 : Achever dans les meilleurs délais le développement des nouveaux moyens de contrôle non destructif.

Intégrer, dans le programme d'investigation prévu d'ici le 31 août 2023, la réalisation de contrôles avant 2025.

Sur les réacteurs CP0 et CPY, l'injection de sécurité haute pression et basse pression est assurée par des lignes de diamètre 6 pouces qui présentent donc un intérêt particulier au regard de la sûreté du réacteur. Vous avez prévu d'identifier et catégoriser les soudures réparées de la ligne d'expansion du pressuriseur et des branches primaires en priorité puis de réaliser ce travail pour les tuyauteries inférieures à 6 pouces.

Demande 17 : Pour les tuyauteries d'injection de sécurité des réacteurs CP0 et CPY de diamètre 6 pouces :

- transmettre l'identification et la catégorisation des soudures réparées ;
- lister les soudures contrôlées au titre de votre programme de maintenance et la date du dernier contrôle, préciser les moyens de contrôle employés et détailler les éventuelles indications qui auraient été relevées.

2.3. Lignes d'expansion du pressuriseur (LEP)

Vous avez réalisé le contrôle de deux soudures de la ligne d'expansion du pressuriseur du réacteur de Civaux 2, qui n'a pas révélé d'indication supérieure à 3 mm de hauteur (performance de dimensionnement d'indication revendiquée pour ce système). Vous prévoyez de réaliser des contrôles sur un autre réacteur, qui reste à identifier.

Peu d'informations sont disponibles sur ces lignes présentant la température de fonctionnement la plus élevée du circuit primaire des réacteurs. Ces lignes sont par ailleurs susceptibles de présenter des soudures réparées en raison de leur géométrie complexe.

Vous avez engagé une évaluation des contraintes présentes dans les lignes d'expansion des différents réacteurs, dont les conclusions sont attendues pour avril 2023. Ces calculs permettront une inter-comparaison des valeurs entre toutes les configurations de réacteurs selon un référentiel commun.

L'identification et la catégorisation des soudures réparées est attendue pour fin mars 2023. Votre programme d'investigation dédié est attendu pour le 31 août 2023.

Votre stratégie ne prévoit actuellement la réalisation de contrôles que sur un réacteur supplémentaire en 2023, ce qui apparaît insuffisant.

Demande 18 : Présenter les conclusions des études d'évaluation des contraintes ainsi que la liste des soudures réparées avec leur classement.

Envisager, dès maintenant, le renforcement du programme de contrôle prévu en 2023 sur les LEP des réacteurs du parc.

2.4. Extension des contrôles

Demande 19 : Préciser les modalités d'extension de contrôle que vous prévoyez sur les autres zones en acier austénitique que les lignes RIS et RRA dans le cadre des programmes d'investigation attendus pour le 31 août 2023, dans le cas où les contrôles réalisés présentent des indications susceptibles d'être attribuées à des défauts.

3. Réalisation des contrôles « point zéro » à la suite du remplacement de lignes RIS et RRA

A la suite de la réalisation d'une soudure neuve, il est prévu de réaliser un contrôle « point zéro » qui sert de référence pour les contrôles ultérieurs.

Vous proposez de différer certains contrôles « point zéro » pour les soudures remplacées en 2022 et 2023 afin de déployer les ressources sur des contrôles jugés prioritaires.

Je note que vous transmettez un échéancier de réalisation de ces contrôles pour le 20 juin 2023.

Par ailleurs, pour la réalisation du contrôle « point zéro » de suivi en service des soudures des lignes remplacées qui seront réalisés, vous proposez de différer l'analyse des données afin de prioriser la mobilisation des ressources sur d'autres types de contrôles.

L'ASN considère cette proposition comme recevable pour ce qui concerne les contrôles réalisés en 2023. Cette analyse devra être réalisée au plus tard avant l'arrêt suivant du réacteur.

4. Stratégie de maintien en l'état des indications

Le déploiement de votre stratégie de contrôle est susceptible de conduire à la détection d'indications. Selon les dispositions prévues par l'arrêté [4], les fissures doivent être éliminées sauf justifications spécifiques appropriées. Sous réserve de ces justifications, il est ainsi envisageable de maintenir en l'état les soudures présentant des indications pendant une durée déterminée. Les conditions selon lesquelles l'ASN est susceptible d'accepter le maintien en l'état sur un cycle sont détaillées au paragraphe 4.3 de ce courrier.

Pour ce qui concerne l'hypothèse d'un maintien en l'état sur plus d'un cycle, la complexité liée au phénomène de CSC et à l'étude de sa cinétique de propagation m'amènera à consulter le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires. Une séance à cette fin est programmée les 25 et 26 mai prochain. La position de l'ASN à ce sujet vous sera transmise à la suite de cette séance.

4.1. Lignes sensibles à la CSC

Vous avez prévu de remplacer les tronçons sensibles à la CSC des lignes RIS BF des réacteurs P'4 sauf pour le réacteur de Cattenom 4.

Pour ce réacteur, vous proposez de réaliser des contrôles sur les soudures A13 et M14 (A14 et M15 pour la boucle 4) ainsi que les soudures réparées des lignes RIS BF.

Vous indiquez que vous ouvrirez un dossier de traitement d'écart en cas de découverte d'indication.

Demande 20 : En présence d'indication, vous réaliserez une analyse approfondie permettant de conclure sur le risque associé de présence et de développement de corrosion sous contrainte. Vous vous positionnerez en particulier sur la nécessité de réparer les zones sensibles à la CSC de ce réacteur.

De même il est prévu de réaliser un contrôle sur les soudures M13 non déposées du système RRA BC des réacteurs N4, et d'ouvrir un dossier de traitement d'écart cas de découverte d'indication.

L'ASN considère que cette proposition n'appelle pas de remarque.

4.2. Lignes peu sensibles ou non sensibles

Vous indiquez qu'en cas de découverte d'indication, vous traiterez le cas au travers d'un dossier de traitement d'écart qui pourra proposer le maintien en l'état sous réserve des justifications appropriées.

L'ASN considère que cette proposition n'appelle pas de remarque.

4.3. Eléments à prendre en considération dans le cadre de la justification du maintien en l'état dans l'attente de l'examen par le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires

Les justifications permettant d'envisager de maintenir en l'état des indications sont basées sur les résultats des examens non destructifs, la cinétique de propagation des défauts et les études relatives à la tenue mécanique d'une soudure affectée d'un défaut.

Examens non destructifs (END)

L'ASN considère comme acceptable, en l'attente de la qualification du procédé, de retenir les performances que vous revendiquez, à savoir la prise en compte d'une majoration du résultat de mesure issu de l'examen de 1,1 mm.

Comme indiqué dans le paragraphe relatif aux ZNA, en cas de découverte d'indication, l'ASN considère qu'il ne peut être défini a priori un taux maximal de ZNA permettant de conclure au caractère suffisant du contrôle réalisé. Ce point sera à examiner au cas par cas et pourra nécessiter la réalisation de contrôles complémentaires ou une intervention pour remplacement de la soudure.

Cinétique de propagation des défauts de CSC

Pour tous les défauts, quelle que soit la ligne concernée par l'indication, vous proposez de retenir une cinétique de propagation de fissure par CSC de 0,5 mm/an. Cette hypothèse est notamment basée sur des résultats de simulations numériques.

Toutefois, une cinétique de 0,5mm/an ne permet pas d'expliquer l'extension de la fissure de grande profondeur constatée sur la soudure A3Z du système RIS BC du réacteur de Penly 1. Par ailleurs, lors d'une précédente séance, le Groupe Permanent d'experts a préconisé de considérer cette cinétique de propagation avec prudence.

L'instruction par l'ASN des éléments transmis pour étayer cette vitesse de propagation n'est pas achevée et a conduit à des premières demandes de compléments. Les résultats de cette instruction seront présentés lors de la réunion du Groupe Permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires prévu en mai 2023.

Dans l'attente, l'ASN considère nécessaire de considérer dans l'examen des dossiers de traitement d'écart une cinétique suffisamment enveloppe pour couvrir les incertitudes liées à la connaissance du phénomène et à sa modélisation.

Demande 21 : Postuler dans les dossiers de traitement d'écart une valeur de propagation due à la CSC d'au moins 1 mm/an pour toutes soudures, qu'elles aient fait ou non l'objet de réparation.

Vous avez lancé un programme de R&D pour améliorer les connaissances et mieux identifier les domaines de propagation respectifs de la CSC et de la fatigue.

En l'attente des résultats, en cas de défaut détecté sur une zone sensible à la fatigue thermique, vous proposez l'analyse des deux modes de propagation afin de retenir la vitesse de propagation la plus importante.

Cette approche est acceptable à ce stade de l'instruction dans la mesure où aucune propagation « mixte » n'a été constatée jusqu'à présent, sur un nombre important de soudures expertisées.

Mécanique

A la suite de la présentation au Groupe permanent d'experts le 22 septembre 2022 [5], 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, vous réalisez les calculs de tenue à la résistance brutale en séparant les calculs d'amorçage et d'instabilité.

Les hypothèses de calcul (sélection des soudures, propriétés des matériaux, transitoires, optimisation de calcul...) sont en cours d'analyse par l'IRSN et seront présentées lors de la séance du groupe permanent des 25 et 26 mai 2023.

4.4. Indications détectées lors des « points zéros »

Vous indiquez qu'il n'est pas exclu de mettre en évidence à l'occasion des contrôles « point zéro » des indications de petites dimensions, voire exceptionnellement de hauteur supérieure à 2 mm.

En cas de détection d'indication, vous proposez d'ouvrir un dossier de traitement d'écart.

La présence d'un défaut plan issu du soudage est susceptible d'accélérer l'amorçage et la propagation de CSC. Le maintien en service d'un tel défaut est à éviter. En cas de maintien en service, même pour une durée limitée, un suivi spécifique du défaut devra être réalisé.