

Référence courrier :
CODEP-DEP-2022-011432

EDF DPNT
Division Production Nucléaire
Site CAP Ampère
1, Place Pleyel
93282 SAINT-DENIS CEDEX

Dijon, le 9 mars 2022

Objet : Contrôle des installations nucléaires de base

Inspection du 2 mars 2022

Relecture des Fiches de Suivi d'Indication suite à la découverte de corrosion sous contrainte

Références : **[1]** Arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression
[2] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
[3] Code de l'environnement, notamment son chapitre VI du titre IX du livre V
[4] Code de l'environnement, notamment son chapitre VII du titre V du livre V

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre des attributions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) concernant le contrôle des installations nucléaires de base en référence, une inspection des services centraux d'EDF (Direction industrielles) a eu lieu le 2 mars 2022 sur le thème « Relecture des Fiches de Suivi d'Indication suite à la découverte de corrosion sous contrainte ».

Je vous communique ci-dessous la synthèse de l'inspection ainsi que les principales demandes et observations qui résultent des constatations faites, à cette occasion, par les inspecteurs.

SYNTHESE DE L'INSPECTION

Lors de la seconde visite décennale du réacteur n° 1 de Civaux 1, des indications ont été relevées lors de l'application du procédé d'essais non destructifs (END) qualifié CC.P/0101 (contrôles par ultrasons manuels) dans le cadre de la recherche de défaut de type fissure de fatigue thermique. Les expertises métallographiques réalisées après dépose des tronçons concluent à la présence de défauts de type fissures de corrosion sous contraintes (CSC).

La nature de défaut (Fissure de corrosion sous contraintes) identifié ne correspond pas à celle postulée (Fissure de fatigue thermique). EDF a listé et analysé rétrospectivement l'ensemble des fiches de suivi d'indication issues des examens END par ultrasons manuels des tranches du parc (hors réacteurs N4, les réacteurs étant tous arrêtés) depuis l'origine sur les lignes auxiliaires du circuit primaire principal. Les zones concernées sont situées sur les systèmes RIS¹ et RRA² (de diamètre 6" à 14") et la zone de mélange RRA.

EDF a ainsi recueilli auprès des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) les FSI émises pour les réacteurs des paliers 900 et 1300 MWe. 72 FSI ont été répertoriées et sont réparties sur 27 réacteurs. 25 réacteurs ne sont pas concernés par des FSI pour la zone d'examen considérée.

Toutes les FSI ont été analysées par un premier groupe de quatre experts END d'EDF-DI en tenant compte de différents paramètres dont :

- La localisation des indications (zone fondue, bord de pénétration) ;
- La discrimination des indications par l'emploi de traducteurs de fréquence plus élevée que pour la fréquence de base utilisée pour la détection ;
- L'ajustement des gains en fonction de la configuration de l'assemblage selon le mode opératoire de caractérisation applicable lors de l'END.

A partir des éléments cités précédemment, les FSI ont été classées en 3 catégories:

P1 : Parasite non remis en cause

P2: Eléments insuffisants au regard du retour d'expérience (REX) pour plaider sur parasite uniquement

P3: Eléments insuffisants au regard du REX pour plaider sur parasite uniquement, avec risque plus élevé d'être en présence de dégradation

Ensuite, une analyse par un second groupe de deux autres experts END a été menée sur les FSI classées P2/P3 afin de confirmer leur classement.

Enfin, un comité technique END spécifique s'est tenu afin de statuer sur le classement des FSI établi par les deux groupes d'experts.

¹ Le circuit d'injection de sécurité (RIS) permet, en cas d'accident causant une brèche importante au niveau du circuit primaire du réacteur, d'introduire de l'eau borée sous pression dans celui-ci.

² Circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA).

Sur la base de ces catégories de FSI, EDF a proposé un programme de recontrôle pour les FSI classées P2 et P3 en anticipant certains arrêts pour les FSI considérées comme présentant un risque plus important de présence de CSC.

L'objectif de l'inspection, réalisée avec l'appui de l'IRSN, a été de vérifier la suffisance de la méthodologie mise en œuvre par EDF pour la relecture des FSI issues des examens antérieurs.

Au vu de cet examen, les inspecteurs ont noté qu'EDF a fourni un travail d'analyse conséquent afin d'identifier les FSI historiquement classées parasites et dont la relecture, en tenant compte des connaissances actuelles du phénomène de CSC, pourrait remettre en cause ce classement.

Toutefois, les inspecteurs notent que :

- la vérification de l'exhaustivité des FSI remontées par les CNPE n'a pas été réalisée ;
- le périmètre de relecture s'est centré sur les contrôles par ultrasons manuels des soudures des lignes auxiliaires alors que des contrôles sont réalisés sur d'autres zones susceptibles d'être impactées par le phénomène de CSC pour les aciers austénitiques ou austéno-ferritique ;
- la confirmation du classement parasite d'une FSI n'a pas fait l'objet d'une vérification par un second groupe d'experts.

De plus, les inspecteurs ont noté que plusieurs paramètres n'ont pas été pris en compte dans le cadre de cette relecture.

Cette inspection est ainsi assortie de 5 demandes d'informations complémentaires et de 3 observations.

A. DEMANDES D' ACTIONS CORRECTIVES

Sans objet

B. DEMANDES D' INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Exhaustivité des FSI sur le périmètre de relecture identifié

La méthodologie a consisté à recueillir auprès des CNPE les FSI émises sur les paliers 900 et 1300 MWe. Ainsi, 72 FSI ont été répertoriées et sont réparties sur 27 réacteurs. 25 réacteurs ne sont donc pas concernés par des FSI pour cette zone d'examen. Toutefois, aucune action permettant de vérifier l'exhaustivité des FSI disponibles n'a été réalisée.

Demande B1 : Dans le périmètre de relecture que vous avez identifié, je vous demande de définir et mettre en œuvre une action de vérification permettant de garantir que l'ensemble des FSI a bien été recueilli et analysé.

Périmètre des relectures

Le travail de relecture des contrôles antérieurs a porté sur les contrôles ultrasonores manuels des soudures.

Les contrôles par ultrasons manuels sont également susceptibles d'être réalisés sur des « parties courantes » de tuyauteries ou des coudes. La relecture des éventuelles FSI ouvertes sur ces zones n'a pas été réalisée.

Plus généralement, d'autres contrôles sont mis en œuvre sur ces zones (radiographie de la ligne d'expansion du pressuriseur, contrôle de la soudure homogène de raccordement de la cuve par ultrasons automatisés ...).

En l'absence de l'identification des paramètres conduisant à l'apparition du phénomène de CSC, l'ensemble des zones en acier austénitique est susceptible d'être concerné.

Demande B2 : je vous demande de lister l'ensemble des zones susceptibles d'être impactées par le phénomène de CSC pour les aciers austénitiques ou austéno-ferritique (les soudures notamment) et ayant fait l'objet d'un END. Pour chacun de ces END, vous vous positionnez sur la faisabilité et l'intérêt de procéder à une relecture des contrôles antérieurs.

Confirmation du classement des indications comme parasite (P1)

Toutes les FSI ont été analysées par un premier groupe de quatre experts END de EDF-DI en tenant compte de différents paramètres. Les FSI ont alors été classées en 3 catégories :

P1 : Parasite non remis en cause

P2 : Eléments insuffisants au regard du REX pour plaider sur parasite uniquement

P3: Eléments insuffisants au regard du REX pour plaider sur parasite uniquement avec risque plus élevé d'être en présence de dégradation

Ensuite, une analyse par un second groupe de deux autres experts END a été menée sur les FSI classées P2/P3 afin de confirmer leur classement. Aucune vérification par un second groupe d'experts n'a été menée pour les FSI classées P1. Toutefois, ces FSI ne sont pas identifiées comme devant faire l'objet d'un nouveau contrôle à court terme et leur classement doit être confirmé avec un niveau de certitude approprié.

Demande B3 : je vous demande de justifier l'absence de vérification du classement des FSI P1 par un second groupe d'expert.

Paramètres analysés afin d'établir le classement

L'analyse des FSI a été menée en tenant compte de différents paramètres dont :

- La localisation des indications (zone fondue, bord de pénétration) ;
- La discrimination des indications par l'emploi de traducteurs de fréquence plus élevée que pour la fréquence utilisée pour la détection ;
- L'ajustement des gains en fonction de la configuration de l'assemblage selon le mode opératoire de caractérisation applicable lors de l'END.

Toutefois, il a été noté que le paramètre prépondérant pour confirmer une indication comme parasite est sa localisation. En effet, si une indication est localisée au niveau du bourrelet interne de soudure et détectée uniquement depuis un côté de la soudure, alors elle est confirmée comme étant un écho de géométrie.

Cette analyse est susceptible d'être remise en cause au regard de différents éléments :

1. Il n'a pas été tenu compte explicitement de l'incertitude de localisation des indications relevées, ces incertitudes sont intrinsèques aux procédés et peuvent atteindre +/- 10 mm. De plus, le positionnement d'une indication par rapport à la soudure est réalisé sur la base de relevés de profil réalisés sur un nombre limité de génératrices. Enfin, les conditions de contrôles (accès complexe, contrôleur n'ayant pas toujours la vision directe de son traducteur lors des examens...) et les moyens de mesures (utilisation de réglet pour estimer la distance de la soudure par rapport à un seul repère « frappé L » pour toute la circonférence de la tuyauterie) sont des sources significatives d'incertitudes.
2. La perméabilité acoustique du métal de base de part et d'autre de la soudure est susceptible de varier. La détection d'une indication depuis un côté uniquement pourrait être liée à une différence de perméabilité entre les métaux de base. Il existe aussi des configurations de contrôle des abords de soudure limitées à un seul côté en raison de la présence d'un organe d'isolement ou de robinetterie.
3. La détection des indications est effectuée avec des capteurs de fréquence centrale de 2,25 MHz. L'utilisation de traducteur de fréquence plus élevée permet d'affiner la localisation d'une indication, notamment au regard du cordon de soudure. Toutefois, les ondes sonores de fréquences plus élevée sont susceptibles d'être plus atténuées lors de leur parcours dans les métaux contrôlés. Ainsi, vous avez notamment conclu que l'absence de détection pour les examens avec le capteur de fréquence centrale 10 MHz ne permet pas de conclure à l'absence d'indication. Pour autant, vous ne concluez pas qu'une indication non détectée avec un capteur de fréquence centrale 5 MHz permet de conclure au caractère parasite d'une indication.
4. Lors de la relecture des FSI, les experts n'avaient pas connaissance de la présence ou non de réparation sur les soudures concernées. Les zones réparées sont susceptibles de modifier les

performances du procédé de contrôle. Par ailleurs, les expertises menées sur le réacteur n° 1 de Civaux montrent que des défauts de CSC sont susceptibles d'être engendrés à une certaine distance des soudures et non pas uniquement à leur proximité immédiate.

5. L'influence des fiches de non-conformité éventuellement ouvertes lors de la réalisation des contrôles sur les performances d'examen n'a pas été analysée.

Demande B4 : je vous demande de prendre en compte, le cas échéant, l'influence des éléments présentés ci-avant sur le classement des FSI classées P1.

Demande B5 : Lors des arrêts des réacteurs pour recontrôles des soudures classées P2 ou P3, je vous demande, dès à présent, au regard des éléments ci-avant, de vous positionner vis-à-vis de la réalisation d'un END sur les soudures concernées par une FSI classée P1.

C. OBSERVATIONS

C1 : Indications « nouvelles »

Au préalable de la qualification des END utilisés (2011), certains contrôleurs avaient comme pratique de ne pas relever les indications qu'ils attribuaient à des échos de géométrie ou « parasite ». Ainsi, certaines FSI indiquent que les indications sont « nouvelles » bien qu'elles puissent être attribuées à des échos de géométrie présents depuis la mise en service des installations. Ces FSI ont également été analysées.

C2 : Capacité de détection des résultats des END ayant fait l'objet de relecture

Le procédé dont les résultats ont fait l'objet de relecture est qualifié pour la recherche de défaut de fatigue thermique. Ce procédé dit historique, n'a notamment pas permis de détecter des fissures de corrosions sous contrainte de tailles significatives. Les expertises destructives menées sur les tronçons déposés des réacteurs n° 1 de Civaux et Penly ont notamment montré des fissures mesurées jusqu'à 4,55 mm de hauteur et non détectée par le procédé historique.

Un programme de contrôle sera déployé à compter du 1^{er} septembre 2022. Son objectif est de mettre en œuvre un END plus performant sur l'ensemble des zones susceptibles d'être concernées par le phénomène de CSC. En conséquence, au regard des capacités de détection du procédé historique, il est nécessaire notamment d'envisager un recontrôle des soudures classées P1 dans le cadre du futur programme de contrôle.

C3 : Classement par ordre de priorité des FSI P1, P2 et P3

Votre relecture des FSI vous a conduit à prioriser les recontrôles sur certains réacteurs.

Par courrier CODEP-DEP-2022-008741 du 24 février, l'ASN a attiré votre attention sur le fait qu'il sera nécessaire de faire évoluer votre stratégie à chaque fois que nécessaire, en fonction des nouveaux éléments issus des travaux en cours sur l'identification des facteurs d'apparition et de développement de la CSC et de la caractérisation des enjeux en termes de sûreté.

*

* *

Vous voudrez bien me faire part **sous 15 jours**, des remarques et observations, ainsi que des dispositions que vous prendrez en réponse à cet envoi. Pour les engagements que vous prendriez, je vous demande de les identifier clairement et d'en préciser, pour chacun, l'échéance de réalisation.

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

La directrice de la DEP

Signé

Corinne SILVESTRI