



DIRECTION DES ÉQUIPEMENTS  
SOUS PRESSION NUCLÉAIRES

Dijon, le 31 mai 2013

N° Réf : CODEP-DEP-2013-014693

Monsieur le Directeur  
De la Division Production Nucléaire  
Site Cap Ampère  
1, place Pleyel  
93282 SAINT-DENIS CEDEX

**Objet** : Modalités de suivi en service et de réparation de la pénétration de fond de cuve n°4 du réacteur 1 de Gravelines

**Réf.** [1] CODEP-MEA-2013-015229 Avis et Recommandations du Groupe Permanent « ESPN » du 12/03/2013 - Modalités de maintien en service et de réparation de la Pénétration de Fond de Cuve n° 4 du réacteur 1 de Gravelines

Monsieur le Directeur,

En septembre 2011, lors des contrôles prévus en visite décennale par la stratégie de maintenance des zones en Inconel sur les pénétrations de fond de cuve (PFC), quatre défauts ont été mis en évidence sur la PFC n°4 du réacteur 1 de Gravelines, au droit de la soudure. Vous avez attribué ces défauts à des fissures de corrosion sous contrainte, initiées à partir d'une ligne d'inclusion générée en fabrication. Ces défauts n'ont conduit à aucune fuite, tant en fonctionnement qu'au cours de l'épreuve hydraulique réalisée lors de la visite décennale.

Afin de garantir le fonctionnement sûr du réacteur, vous avez réalisé, après la détection de ces défauts, des études de justification de leur stabilité, mis en place d'un système de bouchage de la PFC prévenant le risque d'évolution des défauts par corrosion sous contrainte et défini des mesures complémentaires de contrôles et de détection d'éventuelles fuites. L'ASN avait alors jugé ces dispositions suffisantes pour permettre l'exploitation du réacteur 1 de Gravelines pour un cycle entre février 2012 et février 2013.

L'ASN vous avait également demandé de développer une solution de réparation définitive permettant l'élimination des défauts. Vous avez communiqué à l'ASN en décembre 2012 les orientations retenues pour la mise en œuvre de cette réparation en indiquant que le procédé envisagé sera disponible pour une mise en œuvre lors de l'arrêt du réacteur 1 de Gravelines prévu à ce jour début 2015.

Afin de se prononcer, d'une part, sur les conditions de fonctionnement du réacteur 1 de Gravelines jusqu'à la mise en place de la réparation définitive de la PFC n°4 et, d'autre part, sur la poursuite d'exploitation du réacteur pour la période de 10 ans suivant sa troisième visite décennale, l'ASN a demandé au Groupe Permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN) de lui faire part de son avis concernant :

- l'acceptabilité, au vu de la solution de bouchage mise en place et des mesures de contrôle et de surveillance en fonctionnement que vous proposez, du maintien en service de la PFC n°4 du réacteur de Gravelines 1 jusqu'à la mise en œuvre de la réparation définitive,
- l'acceptabilité des orientations que vous avez prises pour le développement d'une solution de réparation définitive.

Le Groupe Permanent a rendu son avis [1] le 12 mars 2013.

A l'issue de l'instruction de ce dossier, l'ASN estime acceptable le principe de la réparation proposée. L'ASN vous rappelle cependant que la validité du procédé de réparation envisagé ne pourra être totalement démontrée qu'après finalisation du développement et de la qualification de celle-ci et transmission de l'ensemble des éléments requis par l'article 10 de l'arrêté du 10 novembre 1999. L'ASN vous demande également de porter une attention particulière à certaines étapes de la réparation détaillées au point 5 de l'annexe.

L'ASN note que les contrôles réalisés en 2013 ont permis de confirmer l'absence d'évolution des indications au cours du dernier cycle de fonctionnement, ce qui confirme l'efficacité du procédé de bouchage pour prévenir l'évolution rapide des défauts.

Dans l'attente de la réparation définitive des défauts, l'ASN considère que vous devez maintenir le bouchage de la PFC et reconduire les modalités de surveillance et de contrôle périodique de la PFC mises en œuvre depuis février 2012 et décrites au point 3 de l'annexe. L'ASN considère que la réparation définitive doit être mise en œuvre avant le 30 juin 2015. L'ASN vous informe à ce titre qu'elle prévoit d'inclure ces dispositions dans les prescriptions complémentaires applicables au site électronucléaire de Gravelines (Nord) au vu des conclusions du troisième réexamen de sûreté du réacteur n°1 de l'INB n°96.

L'ASN considère que si les résultats des futurs contrôles conduisaient à suspecter une évolution des défauts, la réparation devrait être mise en œuvre au plus tôt. Par ailleurs, l'ASN considère que le retour d'expérience des difficultés rencontrées lors de la comparaison des résultats de contrôle entre 2011 et 2013 doit être tiré conformément au point 4 de l'annexe.

L'ASN note que le retour d'expérience de la découverte de défauts dans une pénétration de fond de cuve vous a conduit à étendre votre programme de contrôle de ces zones sur l'ensemble des réacteurs en exploitation. L'ASN considère cependant que ce programme doit être modifié, conformément aux demandes formulées au point 1 de l'annexe, pour permettre la réalisation de contrôles à une échéance plus proche que celle figurant dans votre programme actuel et renforcer la surveillance des réacteurs en attendant leur premier contrôle.

Enfin, en complément du développement d'une solution de réparation de la PFC n°4 du réacteur 1 de Gravelines, l'ASN vous demande d'anticiper autant que possible le développement d'une méthode de réparation pouvant couvrir toutes les PFC du parc en exploitation afin de limiter la durée de maintien en service de tels défauts si d'autres cas similaires étaient détectés. Ce point est détaillé au 6 de l'annexe.

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 de l'ASN

Jean-Christophe NIEL

## Annexe au courrier CODEP-DEP-2013-014693

### ***1. Programme de contrôle en service des PFC***

À la suite de la découverte de défauts dans la PFC n°4 du réacteur 1 de Gravelines, vous avez revu le programme de surveillance des PFC afin de prévoir un examen par ultrasons de la totalité des PFC en alliage Inconel de type 600 des réacteurs en exploitation. Vous avez alors présenté un nouveau programme d'examens qui priorisait les réacteurs ayant dépassé leur VD2 de plus de 6 ans.

L'ASN considère que la priorisation du contrôle des réacteurs ayant dépassé leur VD2 de plus de 6 ans est une disposition pertinente. L'ASN note également que votre programme actuel prévoit un nombre important de contrôles dans les prochaines années permettant de réaliser un examen de l'ensemble des réacteurs ayant dépassé leur VD2 de plus de 6 ans avant 2016. L'ASN constate cependant que vous ne prévoyez pas de maintenir ce volume annuel de contrôle après 2016 ni d'anticiper l'échéance de 6 ans après la VD2 pour les réacteurs les plus récents. Or, l'ASN considère que l'ensemble des cuves équipées de PFC en alliage 600 qui n'ont jamais été contrôlées, quelle que soit leur durée de fonctionnement, doivent faire l'objet d'un contrôle au plus tôt.

#### **Demande 1**

**L'ASN vous demande de réviser votre programme de contrôle des PFC, sans toutefois remettre en cause la priorisation des réacteurs ayant dépassé leur VD2 de plus de 6 ans, afin de prévoir un contrôle au plus tôt de l'ensemble des cuves équipées de PFC en alliage 600 qui n'ont jamais été contrôlées, quelle que soit leur durée de fonctionnement.**

Votre programme de contrôles prévoit également la réalisation d'un examen télévisuel (ETV) par l'extérieur des PFC, visant à s'assurer de l'absence de trace de bore traduisant une fuite, pour les réacteurs équipés de PFC en alliage Inconel de type 600 qui n'ont jamais été contrôlés. Ce contrôle est prévu à chaque arrêt pour rechargement dans le cas des réacteurs ayant dépassé leur VD3 et tous les deux arrêts pour rechargement pour ceux qui ont dépassé leur VD2 de plus de 6 ans. L'ASN considère que la découverte de défauts sur une pénétration de fond de cuve doit conduire à renforcer le suivi des réacteurs dont les PFC n'ont pas encore été contrôlés.

#### **Demande 2**

**L'ASN vous demande de compléter votre programme d'examens télévisuels complémentaires afin de réaliser un ETV à chaque arrêt pour rechargement sur l'ensemble des réacteurs équipés de PFC en alliage Inconel de type 600 qui n'ont jamais été contrôlés par ultrasons.**

Vous présenterez à l'ASN votre programme de contrôles révisé sous deux mois. L'ASN vous demande également de réaliser l'ETV mentionné ci-avant pour tous les réacteurs dont les PFC n'ont jamais été contrôlés à ce jour et dont l'arrêt pour rechargement débute après le 1<sup>er</sup> juin 2013.

## ***2. Détermination de l'origine des défauts***

Vous attribuez les défauts observés dans la PFC n°4 de Gravelines 1 à une propagation par corrosion sous contrainte en milieu primaire de défauts initiés sur deux indications de fabrication présentant initialement une nocivité faible. L'ASN juge cette hypothèse probable mais considère que seule une expertise des défauts permettra de conclure de façon certaine sur leur origine. L'ASN note que vous vous êtes engagés à prélever, lors de la réparation, la matière nécessaire à la réalisation de ces expertises.

L'ASN considère cependant que les résultats de cette expertise ne traiteront que des phénomènes « métallurgiques » à l'origine de ces défauts. Or la corrosion sous contrainte nécessite la conjonction de plusieurs facteurs à la fois d'ordre métallurgique et mécanique, par exemple le niveau de contraintes. L'ASN considère donc que votre engagement doit être complété.

### **Demande 3**

**L'ASN vous demande d'accompagner les expertises métallurgiques prévues suite à l'extraction de la PFC au cours de la réparation prévue par des études plus larges destinées à améliorer la compréhension de l'ensemble des phénomènes en jeu.**

Vous fournirez à l'ASN sous trois mois un programme d'étude concernant ce sujet.

## ***3. Modalités de maintien en service des défauts détectés dans la pénétration de fond de cuve n°4 de Gravelines 1 jusqu'à la mise en œuvre de la réparation***

Pour garantir la sûreté du réacteur en présence des défauts détectés dans la PFC n°4 de Gravelines 1, vous avez procédé au bouchage de la PFC pour prévenir le risque d'évolution des défauts par corrosion sous contrainte, justifié la stabilité mécanique des défauts et mis en œuvre des mesures de surveillance en continu des faibles fuites éventuelles ainsi qu'un examen télévisuel en puits de cuve à mi-cycle.

L'ASN note également que les défauts présents ont subi l'épreuve hydraulique de requalification du circuit primaire principal de Gravelines 1 sans engendrer de fuite et que les contrôles réalisés en 2013 ont permis de confirmer l'absence d'évolution des indications au cours du dernier cycle de fonctionnement.

L'ASN considère que la réalisation d'une réparation au plus tard en 2015 est acceptable sous réserve, outre le maintien du bouchage de la PFC, que les modalités de surveillance mises en œuvre en 2012 soient reconduites jusqu'à cette échéance, qu'un contrôle par ultrasons soit réalisé à chaque arrêt pour rechargement et que les résultats de ces contrôles confirment l'absence d'évolution des défauts.

#### **Demande 4**

L'ASN vous demande de reconduire les dispositions de surveillance en continu de détection des faibles fuites éventuelles au niveau de la PFC 4, à savoir le système Flüs ainsi que la détection en salle RIC. L'ASN vous demande également de reconduire l'ETV à mi-cycle et la réalisation d'un examen par ultrasons des défauts lors de chaque arrêt pour rechargement du réacteur jusqu'à la mise en œuvre de la réparation définitive.

#### ***4. Retour d'expérience concernant le recours à des contrôles réalisés en mode « expertise »***

L'ASN note que vous avez rencontré des difficultés dans l'interprétation des signaux de contrôles non destructifs réalisés en 2011 et 2013. Vous avez en effet été amené, à la lumière des résultats de contrôles obtenus en 2013 et qui présentaient un meilleur rapport signal sur bruit que ceux réalisés précédemment, à reconsidérer la taille des indications déterminée en 2011.

L'ASN considère que cette situation met en évidence la nécessité de recourir à une approche prudente concernant les examens non destructifs, prenant en compte de façon appropriée leurs limites en matière de répétabilité et les incertitudes associées, en particulier dans le cas du recours à des contrôles réalisés en dehors de leur domaine de qualification dans une configuration complexe de défauts comme celle observée à Gravelines 1.

L'ASN note que vous avez décidé de retenir dans le cas de Gravelines 1 des incertitudes réduites par rapport au procédé qualifié, en utilisant un pas d'acquisition plus faible. La comparaison des résultats de 2011 et 2013 a mis en évidence que la complexité de la configuration aurait au contraire rendu plus pertinente l'utilisation d'une incertitude majorée.

#### **Demande 5**

L'ASN vous demande de procéder à une analyse de la situation rencontrée en 2013 lors de l'interprétation des résultats de contrôle de la PFC n°4 de Gravelines 1 et de prendre en compte les conclusions de cette analyse pour les examens qui seront réalisés lors de l'arrêt de 2014 sur cette même PFC.

Vous présenterez cette analyse à l'ASN sous trois mois.

#### **Demande 6**

De manière générale, l'ASN vous demande de justifier systématiquement les incertitudes retenues lorsque des procédés de contrôle sont utilisés en mode expertise pour la caractérisation d'indications, en particulier lorsque celles-ci sont inférieures à celles du procédé qualifié.

Vous présenterez à l'ASN sous trois mois la solution que vous retenez pour la prise en compte de cette demande.

### ***5. Modalités de réparation de la pénétration de fond de cuve n°4 de Gravelines 1 :***

L'ASN note que, conformément à sa demande, la réparation que vous proposez :

- ne requiert pas l'utilisation de procédés de soudage à froid susceptibles de générer des défauts dans la cuve lors de leur mise en œuvre ;
- permet d'éliminer et de prélever pour expertise les défauts présents dans la PFC n°4 de Gravelines 1 ;
- maintient la séparation entre le fluide primaire et l'acier au carbone de la cuve.

L'ASN note également que vous vous êtes engagés :

- à réaliser une analyse de risques de l'opération de maintenance afin de vous prémunir de toutes dégradations sur le matériel environnant, y compris le puits de cuve, et à prévoir les parades appropriées en cas d'incident ;
- à réaliser une analyse mécanique de justification de la réparation vis-à-vis des contraintes admissibles ;
- à mettre en œuvre, lors des phases d'usinage, des moyens adaptés pour prendre en compte la géométrie réelle des pièces et garantir une épaisseur minimum d'acier inoxydable du revêtement, évitant toute affectation thermique de l'acier de cuve sous-jacent.

L'ASN juge acceptable le principe de la réparation que vous envisagez mais considère que plusieurs points doivent faire l'objet d'une attention particulière.

L'ASN note que la réparation conduira à la réalisation d'une soudure en Inconel de type 52 non détensionnée, dans une configuration unique sur le parc en exploitation. L'ASN considère que vous devrez vous assurer que la mise en place de la réparation conduira à une configuration permettant la réalisation d'examens en service.

#### **Demande 7**

**L'ASN vous demande de vous assurer que la solution de réparation développée conduit à une configuration contrôlable. L'ASN considère notamment que vous devez prévoir d'examiner la contrôlabilité de la configuration obtenue lors des essais qui seront réalisés avant mise en œuvre du procédé.**

L'ASN considère également qu'un contrôle « point zéro » doit être réalisé après mise en œuvre de la réparation en complément des contrôles réalisés au cours de la réparation.

#### **Demande 8**

**L'ASN vous demande de réaliser un contrôle « point zéro » après la mise en œuvre de la réparation.**

Enfin, l'ASN vous rappelle que les modalités de suivi en service de la PFC réparée devront être définies.

Vous vous appuyez sur les critères du RCC-M pour définir les seuils d'acceptabilité des résultats de contrôle réalisés lors de la réparation. L'ASN note que des réflexions sont en cours au sein de l'AFCEN, dans un cadre générique, pour justifier l'adéquation de ces critères.

L'ASN note que le système d'amortisseur du supportage du cœur présente un alésage au droit de la PFC 4 de Gravelines 1 qui permet au cœur, en cas de perte du supportage, de venir se poser sur le fond de la cuve. L'ASN considère que vous devez vous assurer de l'innocuité de la réparation vis-à-vis de cette fonction.

#### **Demande 9**

**L'ASN vous demande de démontrer l'innocuité de la réparation envisagée, notamment avec une collerette de grand diamètre, vis-à-vis du système d'amortisseur du supportage du cœur.**

Vous présenterez à l'ASN sous 3 mois votre analyse sur ce point.

L'ASN note également que vous n'avez pas encore statué sur la restitution de la fonctionnalité de la PFC à l'issue de la réparation. Vous prévoyez de prendre position sur ce point lors du développement de la solution de réparation.

#### **Demande 10**

**L'ASN vous demande de privilégier, à niveau de qualité obtenue égale, les solutions permettant de restaurer la fonctionnalité de la PFC si elles n'entraînent pas de difficultés disproportionnées vis-à-vis de la mise en œuvre de la réparation elle-même.**

Vous présenterez à l'ASN une première analyse de la faisabilité de la restauration de la fonctionnalité de la PFC sous 3 mois.

### ***6. Développement d'une solution de réparation générique***

L'ASN note qu'il n'est pas garanti que la solution de réparation proposée soit adaptée à la réparation de toutes les PFC. L'ASN considère que vous devez anticiper autant que possible le développement d'une méthode de réparation couvrant toutes les PFC afin de limiter la durée de maintien en service de tels défauts si d'autres cas similaires étaient détectés.

#### **Demande 11**

**L'ASN vous demande de poursuivre vos développements pour aboutir à une solution de remplacement de PFC pouvant s'appliquer à l'ensemble du parc, en privilégiant les solutions permettant de conserver la fonctionnalité de la PFC**

Vous présenterez à l'ASN sous 6 mois les actions que vous menez dans ce domaine et les échéances associées.