

Fontenay-aux-Roses, le 7 août 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N°** 2014-00316

**Objet :** REP - Maîtrise du vieillissement -Fiches d'analyse du vieillissement et dossiers d'aptitude à la poursuite d'exploitation génériques des réacteurs du palier 1300 MWe

**Réf. :** Saisine ASN CODEP-DCN-2013-065170 du 03/12/2013

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe, l'Autorité de sûreté nucléaire a souhaité par sa lettre en référence disposer de l'avis de l'IRSN sur :

- les Fiches d'analyse du vieillissement (FAV),
- les Dossiers d'aptitude à la poursuite de l'exploitation (DAPE),

issus de la mise en œuvre, par EDF, de sa démarche de maîtrise du vieillissement des systèmes, structures et composants. En particulier, vous demandez l'avis de l'IRSN sur la garantie d'une démonstration suffisante au regard des enjeux de sûreté associés à ces composants.

Les FAV ont été établies par EDF à l'issue du recensement des composants importants pour la sûreté pour lesquels un mécanisme de vieillissement pourrait avoir, entre la troisième et la quatrième visite décennale, des effets pouvant porter atteinte à la sûreté des installations. Ces FAV tiennent compte du caractère avéré ou potentiel du mécanisme du vieillissement, de l'adaptation des dispositions d'exploitation ou de maintenance et des difficultés de réparation ou de remplacement, et un statut leur est attribué.

Le statut associé aux FAV est 0, 2 ou 1 selon les cas :

- le *statut 0* est associé aux cas pour lesquels les dispositions courantes d'exploitation et de maintenance sont adaptées à la maîtrise du vieillissement et pour lesquels la réparation ou le remplacement peuvent être réalisés sans anticipation importante, tant pour un mécanisme de vieillissement avéré que potentiel ;

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

- le *statut 2* correspond aux cas où des effets significatifs du vieillissement peuvent être attendus pour la période d'exploitation considérée, sans véritable possibilité d'action préventive et pour lesquels la réparation ou le remplacement sont difficiles ; il correspond également aux cas où les effets du vieillissement sont uniquement potentiels, sans toutefois pouvoir être exclus, mais pour lesquels la surveillance et la maîtrise du développement du mécanisme de vieillissement sont difficilement réalisables ;
- Le *statut 1* est un statut provisoire dans l'attente d'une instruction complémentaire pour affecter un statut 0 ou 2.

Les composants ou les structures pour lesquels une ou plusieurs FAV ont un *statut 2*, sont considérés comme *sensibles*, un mode de vieillissement pouvant affecter la sûreté du réacteur et conditionner ainsi sa durée d'exploitation. Selon la méthodologie établie par EDF, ils donnent alors lieu à la constitution d'un dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation (DAPE) *générique*.

Le présent avis concerne les équipements du circuit primaire principal (CPP), dont trois équipements font l'objet d'un DAPE : la cuve, les tuyauteries primaires principales et les générateurs de vapeur. Le pressuriseur, les Groupes motopompes primaires (GMPP) et les tuyauteries auxiliaires du circuit primaire des réacteurs du palier 1300 MWe ne font pas l'objet d'un DAPE, contrairement à ceux du palier 900 MWe. Ainsi, l'analyse se concentre sur la justification de l'absence de FAV de statut 2 les concernant. L'analyse de l'IRSN vise aussi à vérifier que la maîtrise du vieillissement de tous ces composants est suffisante pour garantir le respect des enjeux de sûreté associés. L'IRSN s'est principalement attaché à vérifier la cohérence des FAV avec le palier 900 MWe, ainsi que la prise en compte du retour d'expérience français ou international qui peut conduire au changement de statut de certaines FAV, voire à la création de nouvelles.

#### **Complétudes des phénomènes de vieillissement retenues**

Concernant l'exhaustivité des FAV établies par EDF pour les composants du circuit primaire principal, l'IRSN considère que les phénomènes de vieillissement suivants doivent également être retenus dans la démarche :

- le risque de corrosion sous contrainte des adaptateurs de couvercle de cuve en alliage 690 ;
- le risque de corrosion des tronçons non débitants des tuyauteries auxiliaires en acier inoxydable, où les concentrations en espèces polluantes peuvent dépasser localement les valeurs maximales des spécifications chimiques ;
- le vieillissement des raccords « BANJO » des soupapes SEBIM™ du pressuriseur (ces raccords sont présents sur ce palier et ont donné lieu à des remplacements).

Ceci fait l'objet de la recommandation n°1.

#### **Suffisance des dispositions présentées par EDF dans les FAV et les DAPE**

##### Cuve

Concernant le vieillissement thermique de la cuve, EDF considère que le mécanisme de vieillissement thermique pour les aciers en dehors de la zone de cœur n'est avéré que pour des températures

supérieures à 300 °C. Ainsi, toutes les zones sollicitées à une température inférieure ne sont pas concernées par ce mécanisme. Le seuil de 300 °C est retenu par EDF sur la base de résultats expérimentaux qui mettent en évidence, jusqu'à ce jour, l'absence de vieillissement significatif des aciers de cuve soumis à des séjours prolongés à 300 °C. Toutefois, EDF dispose à l'heure actuelle de peu de résultats d'essais pour des durées de séjour supérieures à 200 000 heures pour couvrir une durée d'exploitation au-delà de 30 ans. EDF poursuit néanmoins les programmes expérimentaux sur le sujet. Dans le cadre des analyses à la rupture brutale des zones fonctionnant à des températures inférieures à 300 °C, EDF retient un décalage forfaitaire de la RTNDT<sup>1</sup> du métal de base de 15 °C destiné à couvrir de petits effets de vieillissement sous déformation ou de vieillissement thermique difficiles à quantifier.

L'IRSN prend note de ces éléments, mais estime qu'EDF devrait compléter son dossier en apportant la justification de leur validité pour des temps de séjour dépassant les 200 000 heures, et pour les zones particulières constituées par les zones ségréguées et les zones affectées thermiquement des soudures (zones à gros grains). Pour l'IRSN, les FAV correspondantes relèvent donc d'un statut 1 dans l'attente des conclusions de ces éléments. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.**

Au nombre de 58 par cuve du palier 1300 MWe, les Pénétrations de fond de cuve (PFC) en Inconel 600 sont soudées sur un beurrage en Inconel 182 et ne sont pas frettées sur la cuve. Elles subissent le traitement de détensionnement de la cuve. Des examens télévisuels prescrits dans les Programmes de base de maintenance préventive (PBMP) permettent de vérifier l'absence de fuite lors de l'épreuve hydraulique du Circuit primaire principal (CPP) sur l'ensemble des PFC. Depuis 1992, des examens volumiques par ultrasons sont réalisés sur les cuves jugées les plus sensibles, le procédé de contrôle ayant obtenu sa qualification en 2005. Dans ce cadre, six cuves du palier 1300 MWe ont fait l'objet de contrôles qui n'ont pas révélé de défaut. Par contre, des indications de fissure ont été détectées dans la PFC n°4 du réacteur n°1 de Gravelines lors de la troisième visite décennale. Cette PFC a fait l'objet d'une réparation provisoire par bouchage, en attente d'une solution de réparation définitive qui doit restaurer le niveau de sûreté initial.

L'IRSN constate qu'un programme de contrôle est en cours pour évaluer le caractère générique du défaut identifié sur la cuve du réacteur n°1 de Gravelines. Notamment, la PFC sur laquelle le défaut a été identifié doit être expertisée.

Compte tenu du caractère avéré du phénomène, de l'absence, pour le moment, de moyen de réparation et dans l'attente des résultats des programmes de contrôle et d'expertise, l'IRSN considère que le statut 2 est requis pour la FAV attachée au phénomène de corrosion sous contrainte des pénétrations de fond de cuve des réacteurs du palier 1300 MWe. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.**

### Tuyauteries primaires

Les FAV de statut le plus élevé sont de statut 2 et concernent le vieillissement thermique des produits moulés austéno-ferritiques. L'IRSN analyse le dossier de vieillissement thermique des coudes moulés

---

<sup>1</sup> RTNDT : Température de transition fragile-ductile (Reference Temperature for Nil Ductility Transition)

du CPP dans le cadre d'une saisine spécifique de l'ASN. La position de l'IRSN sur le vieillissement thermique des coudes moulés du CPP et la stratégie de remplacement d'EDF seront présentées dans ce cadre.

Concernant les autres produits moulés (piquage, robinetterie, ...), l'IRSN considère qu'ils devront faire l'objet d'une instruction spécifique.

En ce qui concerne la fatigue mécanique des soudures homogènes, EDF considère le mécanisme non avéré, la maintenance adaptée avec cependant une haute difficulté de réparation. La FAV associée a donc le statut 0. EDF n'apportant aucun élément sur la réparation de ces soudures, jugée hautement difficile, une étude de faisabilité devrait être engagée. **Cela fait l'objet de l'observation n°2.**

La FAV associée au vieillissement thermique des soudures homogènes du CPP est en statut 1. L'IRSN estime que ce statut est acceptable, car il s'agit d'un statut provisoire dans l'attente de complément sur l'adaptabilité du critère de 300 °C retenu par EDF aux zones affectées thermiquement. En ce qui concerne la maintenance, l'IRSN estime, au titre de la défense en profondeur, que l'exploitant devrait proposer, comme cela a été fait sur le palier 900 MWe, un programme d'inspection supplémentaire dans le cadre des VD3 des tranches de 1300 MWe. **Cela fait l'objet de l'observation n°3.**

#### Générateur de vapeur (GV)

Pour ce qui concerne le phénomène de corrosion, l'IRSN rappelle qu'une corrosion importante d'une boîte à eau de GV a été observée par un exploitant coréen. La corrosion affecte l'acier ferritique de celle-ci. Elle est localisée à proximité du drain central en alliage 600. La conception de cette boîte à eau de GV est similaire à celles des GV 68/19 du palier 1300 MWe. L'exploitant coréen n'a pas présenté son analyse des causes pour cet endommagement, ce qui empêche la création d'une FAV par EDF.

Pour l'IRSN, EDF devrait maintenir une veille sur l'origine des causes de cet endommagement et, le cas échéant, en tirer les conséquences en termes de programme de contrôles pour le parc des GV du palier 1300 MWe dans le cadre de la création d'une nouvelle FAV.

Le phénomène de vieillissement thermique de la boîte à eau des GV et de la tubulure en branche chaude, qui fait l'objet d'une FAV, devrait être classé avéré afin d'être cohérent avec le classement de la FAV sur les tubulures H de sortie de cuve en statut 2, qui sont soumises à la même température (325 °C) et où le mécanisme est considéré comme avéré. Ceci conduit alors à un statut 2 pour cette FAV. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°3.**

Concernant la corrosion en milieu secondaire des tubes en alliage 600 TT, l'IRSN considère qu'EDF devrait présenter une justification de l'anti-déboîtement des tubes de diamètre externe 19,05 mm pour un seul pas de dudgeonnage (environ 25 mm), ce qui correspond à la hauteur contrôlée par le

procédé STT/STL<sup>2</sup> 95 ou bien procéder au contrôle d'au moins deux pas de dudgeonnage. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 4.**

Pour les lèvres primaire et secondaire de la plaque à tubes ainsi qu'au point triple de la plaque de partition des générateurs de vapeur, les procédés de contrôle par ultrasons prévus dans le programme de base de maintenance préventive du générateur de vapeur sont qualifiés pour des réflecteurs artificiels de type trous à fond plat. Pour l'IRSN, la qualification de leur performance doit être établie pour la détection *a minima* d'un grand défaut plan tel que ceux qui sont postulés dans les dossiers d'étude de la rupture brutale. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 4.**

#### Tuyauteries auxiliaires et piquages primaires du CPP

L'analyse de ce recueil des FAV par l'IRSN conduit uniquement à la demande de création de FAV concernant le risque de corrosion des tronçons non débitants des tuyauteries auxiliaires en acier inoxydable, telle qu'indiquée dans la recommandation n° 1.

#### Groupe motopompe primaire

Concernant l'érosion par cavitation des aubes de la roue de GMPP, le phénomène est avéré suite à la dégradation constatée sur le GMPP 051PO de la tranche n° 2 de Flamanville. EDF retient un statut 0 en considérant les dispositions d'exploitation et de maintenance comme adaptées. Un programme de remplacement est prévu entre 2013 et 2028, durant lequel un certain nombre de roues devraient être remplacées et expertisées. L'IRSN estime que cette FAV devrait être de statut 1 en considérant les dispositions d'exploitation et de maintenance comme adaptables dans l'attente d'analyses sur l'impact des incertitudes sur le débit lors du fonctionnement sur une seule boucle, de l'analyse du cas avéré de dégradation et des résultats d'expertise suite au programme de remplacement en cours. De plus, la surveillance vibratoire pourrait être complétée. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 5.**

Concernant la corrosion sous contrainte des vis de fixation du guide d'eau des GMPP, l'IRSN a constaté une incohérence dans les dossiers d'EDF à l'égard du caractère écroui ou non de l'acier de type 316 de ces vis. Pour l'IRSN, si ces vis sont de nuance 316 écroui, le mécanisme de corrosion sous contrainte doit être considéré comme avéré et un remplacement doit intervenir à environ 100 000 h de fonctionnement, seuil d'apparition de cette dégradation. De plus, le statut de la FAV associée doit évoluer. **Cela fait l'objet de la recommandation n° 6.**

#### Pressuriseur

La FAV concernant le vieillissement thermique du coin de la tubulure d'aspersion, avait le statut 1 fin 2011, en l'attente des résultats de l'étude de rupture brutale pour la deuxième visite décennale du palier 1300 MWe. Elle le reste à fin 2012, en attente de la diffusion de la doctrine de maintenance et de l'aboutissement des développements de moyens d'examen et de moyens de réparation lancés pour le palier 900 MWe et le palier N4.

---

<sup>2</sup> STT/STL : sonde tournante Courants de Foucault pour le contrôle des tubes de GV (STT : sonde tournante transverse ; STL : sonde tournante longue)

L'IRSN n'a pas de remarque sur le statut 1 de cette FAV.

La FAV concernant le vieillissement thermique de la tubulure d'expansion n'a pas évolué et reste en statut 0. Elle est similaire à celle évoquée ci-dessus, à la seule différence que la zone ferritique en coin de tubulure n'est pas concernée par le risque de rupture brutale, rendant ainsi les dispositions de maintenance adaptées. L'IRSN relève que ces deux FAV font référence à la même doctrine de maintenance, en cours de modification, mais n'ont pas au final un statut identique, ce qui n'est pas cohérent.

Concernant le vieillissement thermique des soudures de la ligne d'expansion, le statut de la FAV associée est passé à 0 suite à la mise à jour des résultats du dossier DRR<sup>3</sup> VD2 1300. Les soudures de la ligne d'expansion ne sont pas concernées par le risque de rupture brutale. EDF n'envisage en conséquence aucun contrôle au titre du PBMP et le statut de la FAV est 0. Pour l'IRSN, cette zone est celle présentant la température la plus élevée du CPP, elle peut donc être considérée comme précurseur de toutes les zones où pourrait survenir une dégradation par vieillissement thermique. L'IRSN considère donc que le statut de cette FAV devrait être de 1, les dispositions d'exploitation et de maintenance devant être considérées comme adaptables. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 7.**

Concernant la fatigue mécanique, l'IRSN n'est pas d'accord avec le statut 0 de la FAV associé à la fissuration par fatigue des manchettes de cannes chauffantes du pressuriseur. Le facteur d'usage<sup>4</sup> y a été optimisé et passe de 5 à 0,94, ce qui reste très proche de 1. Pour l'IRSN, la variation du facteur d'amorçage de 5 à 1 environ, entre les deux études réalisées par EDF, témoigne de l'incertitude inhérente à ce type d'estimation. La réduction découle de modifications d'hypothèses et de la reprise des calculs en faisant appel à de nouvelles modélisations. Néanmoins, la nouvelle valeur de 0,94 du facteur d'amorçage calculée par EDF est également à considérer avec une certaine incertitude, non évaluée par EDF. Par conséquent, l'atteinte de cette valeur ne suffit pas à déclasser la zone étudiée et, pour l'IRSN, la zone demeure *sensible* et le mécanisme avéré, ce qui conduit à un statut 2 et nécessite donc la création d'un DAPE pour le pressuriseur. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 8.**

Enfin, l'analyse du recueil des FAV conduit à la demande de création de FAV concernant le vieillissement des raccords « BANJO » des soupapes SEBIM<sup>TM</sup> du pressuriseur, tel qu'indiqué dans la recommandation n° 1.

---

<sup>3</sup> DRR : Dossier de Référence Réglementaire

<sup>4</sup> Le facteur d'usage représente le dommage cumulé par fatigue, soit le rapport entre le nombre de cycles prévus et le nombre de cycles admissibles déterminé à partir d'une courbe de fatigue.

**Conclusion**

Sur la base de son analyse du recueil des fiches d'analyse du vieillissement et des dossiers d'aptitude à la poursuite de l'exploitation constitués par EDF, concernant les équipements du circuit primaire principal, l'IRSN considère, sous réserve de la prise en compte des recommandations en annexe, que la démonstration de la maîtrise du vieillissement des réacteurs du palier de 1300 MWe apportée jusqu'à leur quatrième visite décennale (VD4) est suffisante au regard des enjeux de sûreté associés aux systèmes, structures et composants concernés.

Pour le Directeur général, par, ordre  
Franck BIGOT  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Recommandations**

**Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande qu'EDF crée des fiches d'analyse du vieillissement (FAV) concernant :

- le risque de corrosion sous contrainte des adaptateurs de couvercle de cuve en alliage 690 ;
- le risque de corrosion des tronçons non débitants des tuyauteries auxiliaires en acier inoxydable ;
- le vieillissement des raccords « BANJO » des soupapes SEBIM™ du pressuriseur.

**Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande qu'EDF attribue le statut 2 à la FAV relative à la corrosion sous contrainte des pénétrations de fond de cuve, compte tenu du caractère avéré du phénomène, de l'absence, pour le moment, de moyen de réparation et dans l'attente des résultats des programmes de contrôle et d'expertise.

**Recommandation n° 3**

L'IRSN recommande qu'EDF considère le phénomène de vieillissement thermique des aciers faiblement alliés comme « avéré » et attribue en conséquence un statut 2 à la FAV relative au vieillissement thermique de la boîte à eau et des tubulures du GV.

**Recommandation n° 4**

L'IRSN recommande qu'EDF justifie de l'anti-déboîtement des tubes de GV de diamètre externe 19,05 mm pour un seul pas de dudgeonnage (environ 25 mm), ce qui correspond à la hauteur contrôlée par le procédé de sonde tournante transverse et longue (STT/STL 95) ou procède au contrôle d'au moins deux pas de dudgeonnage.

Par ailleurs, l'IRSN estime que les dispositions d'exploitation et de maintenance ne sont pas adaptées, mais simplement adaptables, et recommande qu'EDF fasse évoluer le statut de la FAV relative à la corrosion en milieu secondaire des tubes en alliage 600 TT de 0 à 1.

**Recommandation n° 5**

L'IRSN recommande qu'EDF reprenne l'analyse du risque d'érosion par cavitation des GMPP du palier 1300 MWe, en tenant compte des incertitudes sur le débit lors du fonctionnement sur une seule boucle, de l'analyse du cas avéré du GMPP 051 PO de Flamanville 2 et de l'état des lieux effectué lors du programme de rénovation des hydrauliques ; l'IRSN recommande qu'EDF fasse évoluer le statut de la FAV correspondante de 0 à 1 dans l'attente de ces analyses et des résultats des expertises à venir.

**Recommandation n°6**

L'IRSN recommande qu'EDF mette en cohérence la FAV relative à la corrosion sous contrainte des vis de fixation de guide d'eau du GMPP, mette à jour son programme de maintenance et fasse évoluer le statut de la FAV de 0 à 1 dans le cas où ces vis seraient de nuance inoxydable 316 écroui.

**Recommandation n°7**

L'IRSN recommande qu'EDF attribue le statut 1 à la FAV relative au vieillissement thermique des soudures de la ligne d'expansion, les dispositions d'exploitation et de maintenance devant être considérées comme adaptables.

**Recommandation n°8**

L'IRSN recommande qu'EDF attribue le statut 2 à la FAV relative à la dégradation de fissuration par fatigue des manchettes de cannes chauffantes du pressuriseur et qu'il crée en conséquence un DAPE pour le pressuriseur du palier 1300 MWe.

## Observations

### Observation n° 1

L'IRSN considère qu'EDF devrait compléter son dossier en apportant la justification de la validité des éléments affichés par EDF pour des temps de séjour dépassant les 200 000 heures, et pour les zones particulières constituées par les zones ségréguées et les zones affectées thermiquement des soudures (zones gros grains). Dans l'attente de ces compléments, l'IRSN considère que les FAV correspondantes relatives au vieillissement thermique des tubulures de cuve devraient avoir a minima le statut 1.

### Observation n° 2

EDF n'apportant aucun élément sur la réparation des soudures homogènes, jugée hautement difficile, l'IRSN considère qu'EDF devrait engager une étude de faisabilité.

### Observation n° 3

En ce qui concerne le vieillissement thermique des soudures homogènes, l'IRSN considère qu'EDF devrait proposer un programme d'inspection supplémentaire dans le cadre des VD3 des tranches de 1300 MWe.

### Observation n° 4

L'IRSN considère qu'EDF devrait exprimer les performances des procédés de contrôle par ultrasons au niveau des lèvres primaire et secondaire de la plaque à tubes ainsi qu'au niveau du point triple de la plaque de partition en termes de dimension de défaut plan.