

Fontenay-aux-Roses, le 27 juillet 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00252

Objet : Maintenance des tuyauteries et des galeries du circuit d'eau brute secourue (SEC).

Réf. [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2016-032596 du 10 août 2016.  
[2] Rapport IRSN - DSR n° 271 du 14 novembre 2008.  
[3] Lettre ASN - CODEP-DCN-2014-040468 du 18 novembre 2014.  
[4] Lettre ASN - CODEP-DCN-2013-013464 du 28 juin 2013.  
[5] Lettre ASN - CODEP-LYO-2017-012349 du 24 mars 2017.

En réponse à la saisine en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les programmes de maintenance des tuyauteries des systèmes d'eau brute secourue (SEC) des réacteurs d'EDF. En particulier, l'IRSN a évalué l'adéquation des programmes de maintenance, de surveillance en service, des stratégies de maintenance exceptionnelle<sup>1</sup> (à réaliser notamment dans le cadre des VD3<sup>2</sup> 1300 et VD4<sup>3</sup> 900) et de la prise en compte du vieillissement vis-à-vis des enjeux de sûreté.

Le système SEC de la source froide est propre à chaque site. Il est constitué de deux files séparées, identiques, et comprend : une prise d'eau et un ouvrage de rejet, des dispositifs spécifiques de filtration, des pompes, des échangeurs de chaleur, de l'instrumentation et des canalisations d'amenée et de rejet.

Le système SEC participe à la fonction fondamentale de sûreté « évacuation de la puissance résiduelle ». Pour les canalisations des circuits SEC, les exigences de sûreté sont leur tenue mécanique et leur étanchéité. Pour les galeries du SEC, seule leur tenue mécanique est requise. Néanmoins, ces galeries peuvent faire partie de la protection volumétrique<sup>4</sup>, ce qui implique

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 8 440 546 018

<sup>1</sup> La maintenance exceptionnelle s'applique en particulier aux grands composants principaux des réacteurs (couvercles, générateurs de vapeur, mécanismes de commande de grappe, groupe turbo-alternateur, condenseur...) et aux systèmes de contrôle-commande. Elle comprend un processus d'anticipation en matière de possibilité de réparation et de remplacement.

<sup>2</sup> VD3 1300 : 3<sup>e</sup> visite décennale des réacteurs du palier de 1300 MWe.

<sup>3</sup> VD4 900 : 4<sup>e</sup> visite décennale des réacteurs du palier de 900 MWe.

<sup>4</sup> Le périmètre de protection volumétrique, qui englobe les bâtiments contenant les matériels permettant de garantir la sûreté des réacteurs, a été défini par EDF de façon à garantir qu'une arrivée d'eau à l'extérieur de ce périmètre ne conduise pas à une inondation des locaux situés à l'intérieur de ce périmètre.

aussi une bonne étanchéité des voiles extérieurs et l'absence de tout défaut susceptible de conduire à un débit significatif vis-à-vis des moyens d'exhaure. Par ailleurs, certaines de ces galeries sont constituées de canalisations en béton à âme tôle (CBAT).

En 2007, l'IRSN avait déjà examiné la conformité de la source froide et avait conclu que : « *un nombre important de dégradations, telles que la corrosion sur les sites en bord de mer, pourrait être évité ou circonscrit par une surveillance et une maintenance mieux adaptées des matériels de la station de pompage* » [2].

En 2014, dans le cadre de l'examen du retour d'expérience des années 2009 à 2011, des fragilités concernant la protection des sources froides contre les agressions externes avaient été mises en évidence [3].

L'IRSN considère que, depuis ces deux principaux jalons, l'état global de la source froide et son exploitation se sont améliorés. Toutefois, dans le cadre de la poursuite du fonctionnement des réacteurs en exploitation, notamment au-delà de leur quatrième réexamen de sûreté, l'IRSN considère qu'EDF doit démontrer que la maintenance actuelle et, le cas échéant, la maintenance exceptionnelle prévue, sont adaptées [4].

Quatre principaux types de tuyauteries SEC (acier au carbone, acier revêtu de polymère, CBAT et composite) sont installés sur les paliers 900, 1300 et 1450 MWe. Pour chaque type de tuyauterie, l'IRSN a examiné la suffisance du référentiel d'EDF (stratégies, doctrines et programmes de maintenance) vis-à-vis des dégradations observées et de leur traitement, les techniques de réparation mises en œuvre, l'analyse du vieillissement et les actions actuellement prévues par EDF au titre de la maintenance exceptionnelle.

Pour son analyse, l'IRSN a principalement examiné le retour d'expérience (REX) d'EDF, au regard du REX d'autres industries et d'autres exploitants de l'industrie nucléaire. Pour EDF, ce REX est notamment capitalisé au travers des déclarations des événements significatifs pour la sûreté (ESS), des fiches d'écart/plans d'actions relatifs notamment à des fuites ou à des dégradations de ces canalisations, ainsi que des galeries SEC.

Les principales conclusions de l'IRSN sont présentées ci-après.

#### Tuyauteries SEC en acier au carbone

Pour les tuyauteries SEC en acier au carbone, les dégradations survenues en service sont dues à de la corrosion généralisée (perte uniforme d'épaisseur), à de la corrosion localisée (sous dépôts, à la suite de nettoyages chimiques...) et à de l'encrassement. EDF a traité la majorité de ces dégradations, notamment par des remplacements de tuyauteries. EDF n'a pas prévu de réaliser de maintenance exceptionnelle sur ces tuyauteries.

**Cependant, EDF ne dispose pas de tous les référentiels de conception des tuyauteries SEC en acier au carbone.** À la suite de l'instruction, EDF s'est engagé à disposer d'un état des lieux exhaustif des données de conception des lignes SEC des paliers 900 MWe et 1300 MWe pour la fin de l'année 2017. La mise à niveau documentaire sera réalisée pour les VD4 et au plus tard en 2022 pour les réacteurs du palier 900 MWe, et fin 2019 pour les réacteurs du palier 1300 MWe. **L'IRSN n'a plus de remarque sur ce point.**

Par ailleurs, EDF présente, dans les fiches d'analyse du vieillissement (FAV), un REX de fuites au droit des zones de contact entre les supports et les tuyauteries de rejet survenues sur le réacteur n° 4 de la centrale nucléaire du Tricastin en 2008, 2009 et 2010. D'après EDF, ces fuites sont dues à de la corrosion localisée en interne au droit des supports des tuyauteries. Ce point est toujours en cours de traitement depuis 2009. **L'IRSN considère qu'EDF, à défaut d'une compréhension fine de cette dégradation spécifique, aurait dû prescrire, dès 2008, une surveillance adaptée pour ces tuyauteries en acier du circuit SEC.**

Ainsi, en 2016, à la suite de la détection d'une fuite en service, la centrale nucléaire du Bugey a déclaré, pour le réacteur n° 2, un ESS portant sur ce même type de dégradation des canalisations du circuit SEC et a fait des contrôles sur le circuit SEC de ce réacteur. EDF prévoyait aussi d'étendre si nécessaire ces contrôles à d'autres réacteurs. En effet, les sites du Bugey (réacteurs n° 4 et n° 5), de Dampierre et de Cruas pourraient aussi être concernés. Cependant, en 2017, l'ASN constatait qu'EDF n'avait toujours pas pris la décision de contrôler les tuyauteries des autres réacteurs potentiellement concernés, notamment pour le site du Bugey [5]. Pour Bugey, EDF analyse aussi la possibilité de rénover les tuyauteries SEC en VD4.

À la suite de l'instruction, EDF a précisé les points suivants :

- pour la centrale nucléaire du Tricastin, un bilan des contrôles ultrasonores a été dressé. EDF s'est engagé à poursuivre les contrôles notamment dans les zones qui n'ont pu être contrôlées, en adaptant le procédé de contrôle. De plus, EDF réalisera une expertise sur un tronçon de tuyauterie qui sera déposé en 2017 sur les tuyauteries d'aménages du circuit SEC du réacteur n° 4 ;
- pour la centrale nucléaire du Bugey, EDF a achevé les contrôles des tuyauteries du SEC du réacteur n° 2 et s'est engagé à contrôler les tuyauteries, a priori les plus sensibles au phénomène de corrosion, sur les autres réacteurs, en 2017 ;
- pour les autres centrales nucléaires, EDF a identifié que les réacteurs de Dampierre, Cruas, Nogent et Saint-Alban pouvaient présenter des configurations similaires à celles du Tricastin et de Bugey susceptibles de présenter de la corrosion localisée en interne au droit des supports des tuyauteries en acier du circuit SEC. EDF prévoit de contrôler ces tuyauteries en 2018.

**L'IRSN n'a plus de remarque sur ce point.**

Pour ce qui concerne la corrosion externe des tuyauteries, l'IRSN souligne qu'avoir des tuyauteries peintes et non dégradées en externe concourt au maintien de la conformité des installations, mais que ce point n'est actuellement pas porté par un processus de maintenance ou un processus prescriptif au sein d'EDF et ne fait généralement pas l'objet de déclaration d'écart. EDF a précisé, à la suite de l'instruction, qu'une grille d'évaluation de la peinture sera formalisée pour appuyer les sites dans leurs contrôles, à la fin de l'année 2017. **L'IRSN n'a plus de remarque sur ce point.**

#### Tuyauteries SEC en acier revêtu

Les dégradations des tuyauteries en acier revêtu de Néoprène® peuvent avoir pour origine la mise en œuvre du revêtement (défaut de collage, défaut de recouvrement...), la pose des tuyauteries notamment au niveau des brides (sur-serrage...), voire l'exploitation (détérioration par un impact de corps migrant...). Elles peuvent aussi être dues à la perméation<sup>5</sup> de l'eau au travers du revêtement de Néoprène®. Lorsque l'eau atteint l'acier, l'acier se corrode, ce qui peut conduire au percement localisé de la tuyauterie. Si les premières causes de dégradation mentionnées supra peuvent rapidement conduire à des défaillances en service, notamment après la mise en service des équipements, la perméation de l'eau au travers du revêtement est un phénomène lent qui nécessite plusieurs dizaines d'années pour conduire à un dommage. **L'IRSN considère que le vieillissement des tuyauteries revêtues aurait pu et dû être anticipé, compte tenu de la connaissance des dégradations pouvant les affecter, du REX de la pétrochimie et de l'industrie nucléaire. De plus, compte tenu du mécanisme de vieillissement lié à la diffusion de l'eau, l'IRSN**

---

<sup>5</sup> Écoulement d'un fluide au travers d'une membrane.

considère qu'EDF risque désormais de se trouver face à une augmentation significative des dégradations en service pour les réacteurs des paliers 900 et 1300 MWe.

Pour les canalisations en acier revêtu de Néoprène® du circuit SEC, EDF a observé, dès 2008, les premières dégradations importantes des revêtements. Récemment, trois fuites en service ont conduit au repli<sup>6</sup> du réacteur n° 2 de Gravelines en 2013 et 2015, et du réacteur n° 6 de Gravelines en 2016. Ces événements montrent que la surveillance, issue du programme national de maintenance courante, exercée pendant les arrêts, peut être insuffisante pour garantir l'absence de fuite en service. De plus, EDF n'envisage pas de renforcer son programme de maintenance courante notamment en augmentant la fréquence de la surveillance, suivie de réparations le cas échéant. En effet, pour les réacteurs du palier 900 MWe, l'augmentation de la fréquence de la surveillance conduirait à des contraintes inacceptables pour l'exploitant.

L'IRSN considère donc qu'EDF doit recourir à de la maintenance exceptionnelle et proposer à court terme un programme de maintenance exceptionnelle des tuyauteries en acier revêtues de Néoprène® des paliers 900 et 1300 MWe. **Ce point fait l'objet de la recommandation en annexe.**

#### Canalisations en béton à âme tôle (CBAT) et compensateurs à onde (CAO)

Pour les canalisations en béton à âme tôle (CBAT), les dégradations en service peuvent être de type mécanique (coup de bélier<sup>7</sup> lié à l'exploitation, tassement) ou de type corrosion. La corrosion de l'âme tôle ou des soudures a conduit à de nombreuses demandes de modifications de matériels et demandes de modifications temporaires des spécifications techniques d'exploitation, pour les sites de Paluel, de Flamanville et de Penly, afin de réaliser des réparations sur des CBAT.

**Pour les tuyauteries de type CBAT, l'IRSN considère qu'EDF met en œuvre un programme de surveillance acceptable, en termes de périodicité et de moyens de diagnostic.** Toutefois, ce programme de surveillance des CBAT ne permet pas de caractériser directement la dégradation de l'âme tôle qui assure en particulier l'étanchéité de la canalisation. Pour conserver l'étanchéité des CBAT, tout défaut traversant doit être exclu. Les pertes d'étanchéité doivent donc être anticipées, sur la base du REX d'EDF et de méthodes déjà éprouvées. EDF a décidé de réaliser un programme de maintenance exceptionnelle. **L'IRSN n'a plus de remarque sur ce point.**

**Pour les galeries de type CBAT, à ce stade de leur vieillissement, l'IRSN considère, comme EDF, que les dégradations observées ne sont pas préjudiciables à leur tenue structurelle. En outre, EDF s'est engagé, à la suite de l'instruction, à revoir, le cas échéant, la périodicité de contrôle de ces galeries, en fonction des visites réalisées au titre des programmes de base de maintenance préventive.**

Pour les compensateurs à onde (CAO)<sup>8</sup>, de la corrosion et des déformations plus importantes que prévues ont été observées. EDF a réalisé des remises en état des CAO corrodés. Par ailleurs, il s'est engagé à mettre en œuvre sur site une méthode de mesure tridimensionnelle d'évaluation du niveau de déformation absolue des CAO des CBAT de diamètre inférieur à 1 m. Pour les CAO de diamètre supérieur à 1 m, une méthodologie sera aussi également établie. EDF prévoit que les mesures sur site seront terminées en 2020. **L'IRSN n'a plus de remarque sur ce point.**

<sup>6</sup> Le repli d'un réacteur dans un état d'arrêt, bien qu'étant une manœuvre d'exploitation courante, demeure un transitoire sensible lorsqu'il doit être réalisé de manière non préparée et urgente.

<sup>7</sup> Coup de bélier : on appelle coup de bélier la variation de pression provoquée par une prompt modification du régime d'un liquide s'écoulant à l'intérieur d'une canalisation.

<sup>8</sup> Les compensateurs à ondes sont installés entre deux tronçons de tuyauterie. Ils permettent de compenser certains mouvements entre tronçons de tuyauterie, des tassements différentiels entre le terrain et un bâtiment ou les effets d'un séisme.

Tuyauteries en composite

Des tuyauteries en composite sont installées sur les circuits SEC des réacteurs de la centrale nucléaire de Civaux et sur une partie des tuyauteries de rejet des réacteurs n° 1 et n° 3 de la centrale nucléaire du Blayais. Un programme de « surveillance de leur vieillissement », basé sur l'expertise de manchettes démontables en matériau composite installées sur le site de Civaux, a été déployé à partir des années 90. Les derniers résultats d'expertise sont représentatifs d'au moins 16 ans de vieillissement. Les résultats de ce programme de surveillance et le retour d'expérience associé ne mettent en évidence aucun élément défavorable.

L'IRSN n'a ainsi pas de remarque sur la maintenance et la prise en compte du vieillissement des tuyauteries composite du circuit SEC.

En conclusion de son évaluation, et sous réserve de la prise en compte de la recommandation en annexe et du respect par EDF des engagements pris au cours de l'instruction, l'IRSN considère que les dispositions de maintenance, de prise en compte du vieillissement et de maintenance exceptionnelle des tuyauteries et des galeries du circuit SEC sont acceptables.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2017-00252 du 27 juillet 2017

Recommandation

L'IRSN recommande qu'EDF présente un programme de maintenance exceptionnelle des tuyauteries en acier revêtues de Néoprène® des paliers 900 et 1300 MWe.