

Fontenay-aux-Roses, le 23 février 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00043

Objet : Réacteurs électronucléaires exploités par EDF.  
Maîtrise du vieillissement dans le cadre des quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe.

Réf. : Lettre ASN CODEP-DCN-2017-017759 du 27 septembre 2017.

Le maintien dans le temps de la conformité des réacteurs de 900 MWe à leur « référentiel de protection des intérêts » nécessite notamment la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence de leurs systèmes, structures et composants (SSC). Cette démarche, usuelle, revêt une importance toute particulière dans le cas du réexamen périodique associé à la quatrième visite décennale de ces réacteurs (VD4 900). En effet, certains SSCs seraient amenés à fonctionner au-delà de leurs hypothèses initiales de conception.

Pour ce réexamen périodique, EDF a prévu de reconduire la démarche de maîtrise du vieillissement appliquée depuis le troisième réexamen de sûreté des réacteurs, tout en amplifiant ses projets de rénovation et de remplacement de matériels dans la perspective d'une poursuite de leur exploitation jusqu'à 60 ans.

Par la saisine en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la suffisance des dispositions mises en œuvre ou prévues par EDF pour assurer la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence des SSCs et ainsi maintenir la conformité des réacteurs de 900 MWe à leur « référentiel de protection des intérêts » au-delà de leur VD4, et jusqu'à leur prochain réexamen, au regard des connaissances actuelles, du retour d'expérience et des meilleures pratiques internationales.

Conformément à la saisine, l'évaluation de l'IRSN a porté sur les sujets suivants :

- l'efficacité de la **démarche de maîtrise du vieillissement** mise en œuvre par EDF depuis les VD3 900, tant au niveau des services centraux que pour chaque réacteur, à travers l'analyse du retour d'expérience (REX) de son déploiement jusqu'aux VD4 900, et la pertinence des évolutions proposées pour maîtriser le vieillissement dans le cadre d'une prolongation de la durée de fonctionnement au-delà de la VD4 ;

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

- l'aptitude au fonctionnement et l'adéquation des **dispositions de surveillance** des SSCs compte tenu des enjeux de sûreté et des mécanismes de vieillissement identifiés ;
- la pertinence des **programmes de qualification progressive** pour garantir l'extension de la qualification des matériels qualifiés aux conditions accidentelles au-delà de la VD4 ;
- les opérations de **maintenance exceptionnelles** envisagées par EDF ;
- le traitement de l'**obsolescence** ;
- la suffisance du **programme d'investigations complémentaires**.

Les conclusions de l'évaluation de l'IRSN tiennent compte des engagements pris par EDF au cours de l'instruction, qu'il devra confirmer à l'ASN, et dont les principaux sont mentionnés dans le présent avis.

### La démarche de maîtrise du vieillissement

La démarche de maîtrise du vieillissement mise en œuvre par EDF est fondée sur un processus d'examen des structures, systèmes ou composants et de la manière dont leur intégrité ou leur fonctionnalité peut être affectée par un mécanisme de vieillissement. Elle tient compte des dispositions d'exploitation et de maintenance en vigueur, ainsi que des difficultés de réparation ou de remplacement. Le résultat de l'analyse des effets d'un mécanisme de vieillissement sur un système, une structure ou un composant est consigné dans une *fiche d'analyse du vieillissement* (FAV). Tout SSC dont la réparation ou le remplacement est jugé difficile, voire impossible, fait l'objet d'un *dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation* (DAPE), comportant une analyse détaillée des différents mécanismes qui l'affectent et des actions ou études complémentaires nécessaires à la maîtrise du vieillissement.

*In fine*, pour justifier l'aptitude à la poursuite d'exploitation d'un réacteur pour dix ans de fonctionnement supplémentaires, l'analyse menée de manière générique dans les FAV et les DAPE est appliquée aux SSC du réacteur, en tenant compte de ses spécificités. Le résultat de cette analyse spécifique est reporté dans un *dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation du réacteur* (dit « DAPE de tranche »).

Un réexamen périodique des FAV, des DAPE et des « DAPE de tranche » est réalisé par EDF depuis les troisièmes visites décennales des réacteurs.

Ce processus est adapté à un parc électronucléaire standardisé par paliers. Son formalisme diffère de celui des standards internationaux, mais ses fondements répondent aux principales exigences internationales. Il a d'ailleurs été évalué positivement par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Par ailleurs, la solidité du processus d'EDF repose en grande partie sur une identification exhaustive des mécanismes de dégradation. À cet égard, l'inventaire des mécanismes de vieillissement est robuste, vu l'importance du retour d'expérience international et de la recherche relative à la technologie des réacteurs à eau sous pression. Ainsi, **l'IRSN estime que l'application rigoureuse de ce processus est de nature à permettre la maîtrise du vieillissement des réacteurs d'EDF dans une perspective d'exploitation au-delà des VD4.**

Toutefois, l'IRSN a relevé certaines faiblesses en termes de traitement du retour d'expérience et d'anticipation des décisions à prendre, pour lesquelles EDF s'est engagé, au cours de l'instruction, à mener des actions d'amélioration ciblées en faisant notamment évoluer la démarche d'analyse des événements significatifs liés au vieillissement et en complétant les indicateurs de performance du processus de maîtrise du vieillissement.

Le « DAPE de tranche » est élaboré, pour chaque réacteur, conformément à la méthodologie générale retenue par EDF. Toutefois, les services du site concerné suivent le canevas défini par les services centraux d'EDF sans nécessairement intégrer l'ensemble du retour d'expérience, notamment local, et sans systématiquement présenter les solutions de traitement des derniers écarts<sup>1</sup> recensés. À cet égard, l'IRSN estime que les sites ne se sont pas pleinement approprié l'objectif d'un « DAPE de tranche » qui est de porter la démonstration de l'aptitude à la poursuite de l'exploitation. L'IRSN considère que ceci nécessite d'être amélioré, ce qui fait notamment l'objet d'un engagement d'EDF rappelé par l'**observation n° 1** en annexe.

### L'aptitude de fonctionnement et la surveillance des SSC

Les FAV et les DAPE constituent le recueil des résultats des analyses de vieillissement réalisées par EDF. Le nombre de FAV (587 en 2015) du palier 900 MWe et la fréquence annuelle de leur mise à jour témoignent de la volonté de construire une analyse exhaustive et à jour. Les douze DAPE génériques, traitant des composants du palier 900 MWe, constituent, pour l'IRSN, des synthèses pertinentes des éléments techniques nécessaires à la démonstration de la maîtrise du vieillissement. En particulier, la version 2016 des DAPE des composants intègre des critères d'aptitude à la poursuite de l'exploitation, ce qui est satisfaisant.

Pour les SSC ne faisant pas l'objet d'un DAPE, l'IRSN a mené une analyse axée sur un nombre limité de SSC particulièrement importants et examiné, pour ce faire, les FAV relatives au tube de transfert des assemblages du combustible entre les piscines du bâtiment réacteur (BR) et du bâtiment combustible (BK), aux « liners » de ces piscines, aux bâches PTR<sup>2</sup>, aux tuyauteries ARE<sup>3</sup>, aux tuyauteries des systèmes de sauvegarde, à certains ouvrages de génie civil et aux groupes électrogènes de secours à moteur Diesel. Dans ce périmètre, des compléments et des clarifications sont attendus et EDF a pris des engagements en ce sens, ce qui est satisfaisant.

Notamment, concernant les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel, les événements significatifs pour la sûreté et les écarts survenus ces dernières années dans les réacteurs du parc électronucléaire amènent à s'interroger sur leur conformité aux exigences définies et sur leur fiabilité. À cet égard, un examen approfondi de la conception, de l'exploitation et de la maintenance de ces matériels est nécessaire. Ce point fait l'objet d'un engagement d'EDF relatif au palier 900 MWe, rappelé dans l'**observation n° 6** en annexe. L'IRSN estime toutefois que l'examen des groupes électrogènes à moteur Diesel prévu par EDF pour le palier des réacteurs de 900 MWe doit être étendu à l'ensemble du parc nucléaire français. Ce point fait l'objet de la **recommandation n° 5** en annexe. Par ailleurs, compte tenu de l'importance du sujet du vieillissement pour les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel, l'ensemble des éléments recueillis par EDF au cours des examens à venir doit faire l'objet d'un DAPE. Ce point fait l'objet de l'**observation n° 7** en annexe.

Pour les SSC faisant l'objet d'un DAPE, l'IRSN considère que les dispositions décrites ou envisagées par EDF sont de nature à maîtriser leur vieillissement au-delà de 40 ans. Néanmoins, l'IRSN a identifié la nécessité d'actions complémentaires de la part d'EDF développée ci-dessous.

---

<sup>1</sup> Écart au sens de la définition donnée à l'article 1<sup>er</sup>, alinéa 3 de l'arrêté modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base du 7 février 2012

<sup>2</sup> PTR : Système de traitement et de réfrigération d'eau des piscines

<sup>3</sup> ARE : Système de régulation de l'eau alimentaire

### Équipements sous pression nucléaires (ESPN)

L'analyse de l'IRSN a porté sur les six DAPE génériques relatifs à la cuve, au pressuriseur, aux volutes des groupes motopompes primaires, aux générateurs de vapeur et aux tuyauteries principales et auxiliaires du circuit primaire principal. Dans ce cadre, deux mécanismes de vieillissement considérés par l'IRSN comme de nature à limiter la durée d'aptitude au fonctionnement de ces équipements ont été particulièrement examinés : le vieillissement thermique et la corrosion des aciers inoxydables.

Pour ce qui concerne le vieillissement thermique, les connaissances relatives à ce mécanisme présentées dans le dossier d'EDF correspondent à l'état de l'art. EDF poursuit des études pour conforter certaines hypothèses retenues dans les dossiers de référence réglementaires (DRR<sup>4</sup>). Ce sujet n'appelle pas de remarque.

Pour ce qui concerne la corrosion sous contrainte ou atmosphérique des aciers inoxydables et au regard notamment du retour d'expérience d'exploitation, les connaissances méritent d'être complétées et synthétisées dans un dossier spécifique. Ceci fait l'objet de deux engagements d'EDF, rappelés dans les **observations n° 2 et n° 4** en annexe. De plus, l'IRSN estime que la cinétique de tous les mécanismes de corrosion nécessite d'être approfondie, ce qui fait l'objet de l'**observation n° 3** en annexe.

En complément des DAPE relatifs aux six composants précités, l'analyse des risques de fissuration par fatigue et de rupture brutale de ces composants, incluse dans les dossiers de référence réglementaires (DRR), requiert la connaissance des propriétés mécaniques des matériaux à l'état vieilli (effet de l'irradiation, du vieillissement thermique...) et la mise à jour des chargements subis par les équipements. EDF s'est engagé à finaliser ces analyses en juin 2018.

Par ailleurs, la maîtrise du vieillissement des générateurs de vapeur, vu l'importance et la variété des mécanismes de dégradation en jeu, nécessite la mise en œuvre de nombreuses dispositions d'exploitation, de maintenance courante et de maintenance exceptionnelle. Les mises à jour du DAPE concernant les générateurs de vapeur et des FAV associées témoignent de progrès dans cette maîtrise. À cet égard, l'IRSN souligne particulièrement l'évolution de la prise en compte du colmatage des plaques entretoises dans la stratégie de maintenance des générateurs de vapeur. Toutefois, des études sont encore nécessaires pour affiner la compréhension de certains mécanismes déjà identifiés, avec notamment l'expertise par EDF d'un générateur de vapeur usagé. En complément, l'IRSN estime que des dispositions doivent être mises en œuvre pour :

- prendre en compte le phénomène de « fissuration environnementale » pouvant se produire dans la partie secondaire des générateurs de vapeur ; le retour d'expérience fait en effet apparaître des cas d'endommagement attribués à de l' EAC (Environmentally Assisted Cracking) ; ce point fait l'objet de la **recommandation n° 2** en annexe ;
- adapter le programme de surveillance des tubes de générateur de vapeur en alliage 600 TT, du côté de la branche chaude du circuit primaire, pour prendre en compte le caractère aléatoire du phénomène de corrosion sous contrainte en milieu secondaire ; ce point fait l'objet de la **recommandation n° 1** en annexe.

---

<sup>4</sup> Les dossiers de référence réglementaires sont définis par l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs à eau sous pression. Ces dossiers apportent des justifications relatives à la résistance mécanique, aux propriétés des matériaux et à la qualité de fabrication des appareils. Les dossiers de situation (DDS) qui décrivent les sollicitations constitutives des chargements et les dossiers d'analyse du comportement (DAC) qui justifient les conditions d'exploitation sont des dossiers de référence réglementaires.

### SSC autres que les équipements sous pression nucléaires

L'analyse de l'IRSN a porté sur les sept DAPE génériques relatifs à l'enceinte de confinement, aux structures de génie civil vis à vis des réactions de gonflement interne du béton, aux structures internes de cuve, aux groupes motopompes primaires (partie hydraulique), aux câbles, au contrôle commande et aux traversées électriques de la paroi des enceintes. L'IRSN estime que les éléments présentés dans ces DAPE sont satisfaisants et permettent une bonne maîtrise du vieillissement des SSC précités. L'IRSN a toutefois relevé les points suivants, qui nécessitent des compléments de la part d'EDF.

#### *Enceinte de confinement*

La réparation de la fuite ayant affecté le « liner » de l'enceinte de confinement du réacteur n°5 du Bugey a amené EDF à s'interroger sur l'opportunité d'étendre cette solution de réparation à d'autres réacteurs de 900 MWe. Une étude sur ce sujet devrait aboutir en 2019.

L'absence d'eau n'est pas garantie au niveau des capots des têtes de câbles de précontrainte ou des bétons de cachetage<sup>5</sup> des enceintes. À cet égard, EDF s'est engagé à étendre l'inspection télévisuelle des traversées des descentes d'eaux pluviales, aux réacteurs pour lesquels l'analyse des rapports de contrôle, en application des programmes de maintenance, montre d'importantes traces de corrosion des têtes des câbles de précontrainte. Toutefois, ces programmes de maintenance prévoient uniquement la recherche de fissures et de traces de corrosion, ce qui ne permet pas de garantir l'absence de débris, mousses ou autre végétation. Ceux-ci peuvent occluser les parements et en gêner l'inspection ; ils sont également de nature à accélérer la dégradation du béton armé. Compte tenu de la sensibilité des enceintes de confinement à ces phénomènes, le bilan qu'EDF s'est engagé à établir en 2018 devra faire apparaître l'état de propreté des ceintures toriques et des dômes de l'ensemble des enceintes de confinement des réacteurs de 900 MWe et EDF devra en garantir une mise en propreté pérenne. Ce point fait l'objet de la **recommandation n° 3** en annexe.

#### *Pathologies du béton*

L'émergence possible de réactions de gonflement interne du béton<sup>6</sup> fait l'objet d'observations *in situ* au titre du programme de surveillance des structures de génie civil, ce qui est satisfaisant. Toutefois, l'IRSN estime qu'un critère devrait être associé à la nocivité potentielle des phénomènes constatés en termes de comportement des structures de génie civil, au regard des exigences qui s'y appliquent (résistance, stabilité, confinement). Ce point fait l'objet de l'**observation n° 5** en annexe.

#### *Internes de cuve*

Les équipements internes inférieurs de la cuve supportent les assemblages de combustible. Les équipements internes supérieurs maintiennent les assemblages à leur extrémité supérieure et assurent le guidage des grappes de contrôle. Le cloisonnement du cœur, limitant le déplacement des assemblages de combustible en conditions normales et accidentelles, est entouré par une enveloppe.

EDF considère que la surveillance des cloisons, des vis de cloison et des vis de l'enveloppe du cœur des réacteurs est suffisante pour détecter d'éventuelles dégradations dues à l'irradiation de ces composants. Toutefois, les vis situées sur l'enveloppe des réacteurs de Fessenheim et du Bugey, masquées par un écran de protection thermique, ne sont pas surveillées, car inaccessibles. L'absence de contrôle empêche la validation *in situ* du caractère conservatif du

<sup>5</sup> Béton mis en place sur une tête de câble de précontrainte afin de la protéger de la corrosion.

<sup>6</sup> Les réactions de gonflement interne du béton désignent la réaction alcali-granulat (RAG) et la réaction sulfatique interne (RSI).

nombre de vis dégradées pris en compte dans les études de comportement mécanique de l'enveloppe menées par EDF. Le risque de fissuration croissant en fonction de l'irradiation et donc du temps, l'IRSN considère que l'état réel de ces vis doit nécessairement être déterminé en vue de la maîtrise de leur vieillissement. Ce point fait l'objet de la **recommandation n° 4** en annexe.

### **La qualification progressive**

EDF a défini une stratégie permettant d'étendre, en durée de validité, la qualification des équipements aux conditions accidentelles dans la perspective de la prolongation de leur durée d'exploitation. Elle consiste à justifier qu'un équipement déjà qualifié et exploité pendant une certaine durée, demeure apte à assurer ses fonctions pour une durée additionnelle dans l'ensemble de ses conditions d'exploitation. Si cette justification n'est pas acquise, l'équipement est remplacé. Cette stratégie concerne les équipements électriques et les équipements mécaniques nécessitant une qualification aux conditions accidentelles (séisme inclus).

L'ensemble des résultats des expertises et des essais de qualification conduits à ce jour par EDF permet de justifier du maintien en exploitation d'une partie des équipements et d'établir les programmes de remplacement ou de rénovation des autres. Afin de consolider ces premiers résultats, EDF s'est engagé à compléter ses prélèvements sur site à des fins d'essai et d'expertise ; ceci est satisfaisant.

### Cas particulier des câbles électriques

L'âme métallique des câbles électriques est entourée *a minima* d'une enveloppe isolante, d'un matériau de bourrage et d'une gaine externe. Le maintien de la fonctionnalité d'un câble repose principalement sur l'intégrité de l'enveloppe isolante et de la gaine. Les propriétés mécaniques et physico-chimiques des matériaux polymères constitutifs de ces éléments évoluent notamment sous l'effet de l'irradiation et de la température. L'évolution de ces propriétés a fait l'objet d'études en laboratoire et sur des câbles prélevés. À l'issue de ces études, qui ont montré le maintien de la qualification des câbles, et compte tenu des dispositions de surveillance mises en œuvre, l'IRSN partage la position d'EDF qui n'envisage pas un remplacement massif de câbles électriques pour une poursuite d'exploitation sûre au-delà de la VD4. En complément, des prélèvements ciblés de câbles sur site doivent être réalisés lors des prochaines années afin de confirmer la cinétique de vieillissement de l'isolant des câbles les plus contraints.

### **La maintenance exceptionnelle**

La stratégie de maintenance d'EDF vise à décider des actions à réaliser en vue de la maîtrise du vieillissement ou de l'obsolescence des systèmes, des structures et des composants. Ces actions peuvent relever de la maintenance préventive, de la maintenance exceptionnelle ou des dossiers d'assurance (DA) qui permettent de prédéfinir des solutions de réparation ou de remplacement, voire de la R&D.

Les opérations de maintenance exceptionnelle consistent en des remplacements, des rénovations ou des réparations significatives. Elles nécessitent des moyens opérationnels ou financiers importants. Une organisation et des moyens sont consacrés par EDF, tant au niveau national que local, pour décider, programmer, gérer et réaliser les actions de maintenance exceptionnelle. EDF a présenté l'ensemble de ces dispositions et le programme afférent en vue des VD4, et a clarifié le lien entre la maintenance exceptionnelle et le processus de maîtrise du vieillissement. En soutien de la stratégie de maintenance et en anticipation des actions de maintenance exceptionnelle, EDF a établi de nombreux dossiers d'assurance, dont il a fourni la liste.

Le retour d'expérience montre la capacité d'EDF à mettre en œuvre des actions de maintenance exceptionnelle et l'ensemble des dispositions présentées est de nature à soutenir la maîtrise du vieillissement des réacteurs. Toutefois, des améliorations ont été identifiées comme possibles pour mieux anticiper certaines actions de maintenance, relevant notamment du traitement de problématiques locales. En particulier, l'IRSN considère qu'EDF devrait viser une plus grande intégration des enjeux de sûreté dans son processus décisionnel de maintenance exceptionnelle. Ce point fait l'objet d'un engagement d'EDF, rappelé dans l'**observation n° 8** en annexe.

Le programme de maintenance exceptionnelle prévoit notamment le remplacement des culasses des moteurs Diesel entre 2016 et 2025 du fait de leur fissuration par fatigue thermique. Ce programme a fait l'objet d'un engagement d'EDF, rappelé dans l'**observation n° 9** en annexe, afin que chaque réacteur dispose de culasses neuves sur au moins un de ses générateurs de secours d'ici 2021. En outre, EDF s'est engagé à mener une expertise des culasses déposées, comme rappelé dans l'**observation n° 10** en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN souligne l'importance du programme de remplacement des générateurs de vapeur et la nécessité d'une anticipation suffisante de ces remplacements, eu égard au critère de fin de vie définis par EDF à partir du taux de bouchage<sup>7</sup> des tubes.

Ce programme de maintenance exceptionnelle reste toutefois à consolider avec notamment les derniers résultats d'essais et d'expertises de matériels qualifiés aux conditions accidentelles et les résultats des contrôles des tuyauteries enterrées.

### **Le traitement de l'obsolescence**

Le risque d'obsolescence des composants des réacteurs dépend fortement des évolutions technologiques, du tissu industriel et de la capacité d'EDF à anticiper ces évolutions dans le respect des exigences de sûreté nucléaire. À la suite d'une revue réalisée en 2016 de son processus de gestion de l'obsolescence, EDF envisage de simplifier et d'améliorer son organisation, pour la rendre plus proactive.

EDF doit être en mesure de montrer que les cas prévisibles d'obsolescence sont identifiés, de manière exhaustive, et ont, ou auront, une solution pour y remédier. Les outils actuellement utilisés par EDF (FAV et « DAPE tranche ») tracent de manière incomplète le risque d'obsolescence. En effet, les obsolescences déjà identifiées et pour lesquelles aucune solution n'est encore définie, ne sont détaillées dans aucun document de synthèse, ce qui nécessite d'être corrigé pour les éléments importants pour la protection des intérêts<sup>8</sup>. Ce point a fait l'objet d'un engagement d'EDF rappelé dans l'**observation n° 11** en annexe.

La prévention de l'obsolescence des équipements est fondée sur la disponibilité de pièces de rechange, par la constitution de stocks suffisants de composants ou d'équipements identiques, ou sur la mise en place d'un approvisionnement pérenne de nouveaux composants ou équipements adaptés ou qualifiés. Ce processus a fait l'objet d'améliorations notables depuis la dernière instruction effectuée en 2012, se traduisant notamment par une diminution du nombre des dossiers d'obsolescence restant à traiter au niveau du parc. Dans le cadre de l'instruction, EDF a pris des engagements à l'égard de l'obsolescence des actionneurs de robinetterie et des groupes électrogènes. Au bilan, le processus d'EDF apparaît de nature à garantir un traitement satisfaisant et pérenne de l'obsolescence.

---

<sup>7</sup> Le taux de bouchage est le rapport entre le nombre de tubes obstrués par des bouchons du fait des dégradations altérant leur étanchéité ou leur résistance, et le nombre total de tubes du générateur de vapeur.

<sup>8</sup> Au sens de l'article L.593-1 du code de l'environnement.

## Le programme d'investigations complémentaires

Le programme d'investigations complémentaires (PIC) a pour objectif de conforter, par sondage sur certains réacteurs lors d'un réexamen périodique de sûreté, les hypothèses d'insensibilité à des mécanismes de dégradation retenues dans certaines zones qui ne sont pas couvertes par un programme de maintenance.

L'IRSN considère pertinente la nature des contrôles définis par EDF dans le cadre du PIC. Toutefois, l'échantillon retenu par EDF, sur lequel les contrôles seront réalisés, nécessite des justifications complémentaires en termes notamment de spécificité du réacteur retenu, de configurations représentatives de matériel ainsi que de répartition adaptée entre les sites électronucléaires, qu'EDF s'engage à constituer d'ici à juin 2018.

Les contrôles à mener dans le cadre du PIC VD4 900 sont programmés par EDF de préférence lors de l'arrêt pour la quatrième visite décennale des réacteurs concernés et, au plus tard, dans une période de quatre ans après l'arrêt du réacteur n°1 de Tricastin prévu en 2019. Lors de l'instruction, l'IRSN a souligné le temps, parfois long, de traitement d'écarts détectés dans le cadre d'un PIC. Ce constat milite pour que l'ensemble des contrôles se fassent au plus près de la première visite décennale. Sans modifier le calendrier des contrôles, EDF propose, en cas de découverte d'un mécanisme de vieillissement inattendu :

- d'étendre, sous six mois, le périmètre du PIC en fonction de l'évaluation du risque associé à ce mécanisme ;
- de mettre à jour le référentiel de maintenance sous deux ans à compter de la date d'émission de la synthèse du PIC du palier 900 MWe ;

ceci est satisfaisant.

## Conclusion

La démarche de maîtrise du vieillissement mise en œuvre par EDF depuis les troisièmes visites décennales, qui a été complétée en vue d'une prolongation de la durée de fonctionnement au-delà de quarante ans, répond aux exigences des standards internationaux et est de nature à garantir la conformité des réacteurs de 900 MWe au-delà de leur quatrième visite décennale. Certains compléments, comme de nouvelles dispositions de maintenance, sont néanmoins attendus. Ces besoins de compléments font notamment l'objet des cinq recommandations en annexe.

Les programmes de qualification progressive des matériels aux conditions accidentelles sont pertinents et des résultats ont d'ores et déjà été obtenus pour l'extension de cette qualification au-delà de la quatrième visite décennale. Des actions sont prévues par EDF, ou en cours de programmation, pour couvrir l'ensemble des matériels concernés, ce qui est satisfaisant.

Les opérations de maintenance exceptionnelle envisagées par EDF sont cohérentes avec les analyses de vieillissement. Elles consistent en des remplacements, des réparations ou des rénovations programmés pendant ou après les quatrièmes visites décennales. Des actions sont prévues par EDF en vue d'améliorer l'intégration des enjeux de sûreté aux réflexions préalables aux décisions d'engagement de telles actions.

Le traitement de l'obsolescence a progressé depuis 2012 et se traduit par une diminution des cas d'obsolescence à traiter au niveau du parc. De plus, les améliorations identifiées par EDF, complétées par ses engagements à l'issue de l'instruction, sont de nature à garantir un traitement satisfaisant et pérenne de l'obsolescence.

Le programme d'investigations complémentaires défini par EDF et les modalités prévues de traitement des résultats sont considérés satisfaisants par l'IRSN, compte tenu de l'engagement pris par EDF.



En conclusion, au vu des engagements pris par EDF durant l'instruction et sous réserve de réponses satisfaisantes aux recommandations rappelées en annexe au présent avis, l'IRSN estime que les dispositions mises en œuvre ou prévues par EDF pour assurer la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence des structures, systèmes et composants des réacteurs de 900 MWe afin de maintenir la conformité à leur « référentiel de protection des intérêts » au-delà de leur quatrième visite décennale, sont convenables.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2018-00043 du 23 février 2018  
Recommandations et observations

La démarche de maîtrise du vieillissement

Observation n° 1 :

EDF s'engage à :

- « sensibiliser les correspondants vieillissement des sites à la prise en compte des spécificités de site lors du prochain groupe de travail « DAPE de tranche » de fin 2017 ;
- élaborer et transmettre pour mi-2018 un plan d'actions destiné à améliorer la prise en compte des spécificités d'une tranche sur les produits du processus de maîtrise du vieillissement. Le bilan de ce plan d'actions sera examiné lors de la revue du processus de maîtrise du vieillissement de fin 2018. »

L'aptitude de fonctionnement et la surveillance des SSC

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que la surveillance de la corrosion sous contrainte en milieu secondaire des tubes de générateur de vapeur en alliage 600 TT soit renforcée du côté de la branche chaude du circuit primaire.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF étudie le phénomène de fissuration environnementale des aciers faiblement alliés du secondaire des générateurs de vapeur et synthétise les conclusions de cette étude dans une fiche d'analyse du vieillissement.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande, d'une part que l'état des ceintures toriques et des dômes des enceintes de confinement soit évalué pour l'ensemble des réacteurs de 900 MWe, d'autre part qu'EDF prenne des dispositions pour, si nécessaire, en restaurer la propreté et, en tout état de cause, la garantir.

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre un programme de contrôle de l'état des vis d'enveloppe des internes de cuve des réacteurs de Fessenheim et du Bugey.

Recommandation n° 5 :

L'IRSN recommande que l'examen de conformité des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel qu'EDF s'est engagé à réaliser sous 18 mois pour les réacteurs de 900 MWe, soit réalisé sous deux ans pour les autres réacteurs du parc.

Observation n° 2 :

EDF s'engage à établir « à l'échéance de fin 2018, une note sur le mécanisme corrosion atmosphérique des aciers inoxydables austénitiques fournissant notamment les conditions nécessaires à l'apparition éventuelle de la corrosion atmosphérique. »

Observation n° 3 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait consolider et documenter les connaissances concernant la cinétique de tous les mécanismes de corrosion des aciers inoxydables : la corrosion généralisée, la corrosion par piqûre et caverneuse, la corrosion sous contrainte (CSC), en milieu nominal<sup>9</sup> ou en milieu non nominal, la corrosion par l'acide borique et la corrosion inter granulaire.

Observation n° 4 :

EDF s'engage « à établir, à l'échéance de fin 2018, une note de synthèse relative à la corrosion sous contrainte des aciers inoxydables austénitiques au contact du fluide du circuit primaire. Cette note contiendra :

- une analyse du retour d'expérience international ;
- l'identification des zones en acier inoxydable potentiellement sensibles (écrouissage en fabrication et évaluation des contraintes et déformations issues du soudage) ;
- la compréhension des mécanismes et l'identification des paramètres influents ;
- une synthèse des travaux de R&D en cours ;
- la description des modèles d'amorçage et de cinétique du mécanisme. »

Observation n° 5 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait mener des études lui permettant de définir un seuil de nocivité des réactions de gonflement du béton, eu égard aux exigences de sûreté s'appliquant aux ouvrages de génie civil.

Observation n° 6 :

EDF s'engage à « réaliser sous dix-huit mois un examen de la conformité des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs de 900 MWe à leur référentiel d'exploitation. EDF transmettra, pour fin mars 2018, le cadrage de cet examen.

Cet examen comportera les étapes suivantes :

- le recensement des matériels concourant au bon accomplissement de la mission dévolue aux groupes électrogènes de secours à moteur Diesel et le classement de ces matériels par familles ;
- pour chaque famille de matériels, l'identification analytique des risques susceptibles de compromettre l'accomplissement de la mission, entre autres le risque de non-tenue sismique ;
- pour chaque risque identifié, la définition des contrôles associés permettant d'en garantir la maîtrise, puis la vérification de la réalisation de ces contrôles pour les réacteurs de 900 MWe.

À l'issue de cet examen, EDF conclura sur la suffisance de la maintenance des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs de 900 MWe et sur la nécessité de faire évoluer, le cas échéant, la conception, l'exploitation ou la maintenance de ces matériels. Ces conclusions seront formalisées dans une note de synthèse. »

---

<sup>9</sup> Milieu nominal : fluide du circuit primaire non pollué

Observation n° 7 :

L'IRSN considère que les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel devraient faire l'objet d'un dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation.

**La maintenance exceptionnelle**

Observation n° 8 :

EDF s'engage à s'interroger, à travers son retour d'expérience, sur la robustesse, du point de vue de la sûreté, de son processus décisionnel concernant la maintenance exceptionnelle et à présenter ses conclusions à l'ASN fin 2018.

Observation n° 9 :

EDF s'engage à « *prioriser les interventions afin d'équiper au moins un diesel d'une des deux voies de chaque réacteur de culasses neuves à fin 2021 et le diesel de la seconde voie à fin 2025. Le programme prévisionnel sera transmis au 1er trimestre 2018* ».

Observation n° 10 :

EDF s'engage à « *réaliser, dans le cadre des remises en état en usine des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel, des expertises de culasses déposées afin notamment de confirmer le caractère enveloppe des données d'entrée utilisées dans les études de simulation numériques [de la fissuration] et procédera avec le constructeur à l'analyse des résultats.* »

**Le traitement de l'obsolescence**

Observation n° 11 :

À partir de fin 2018, EDF propose de présenter annuellement à l'ASN l'état des dossiers d'obsolescence des éléments des réacteurs de 900 MWe importants pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement.