

Fontenay-aux-Roses, le 20 mars 201

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N°** 2015-00089

**Objet :** Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 900 MWe - Programme de mise à jour des dossiers de référence réglementaires pour la poursuite de l'exploitation jusqu'à VD4 + 20 ans

**Réf. :**

1. Lettre ASN CODEP-DEP-2014-036116 du 19 septembre 2014 : « Demande d'avis d'expert relatif au programme de mise à jour des Dossiers de référence réglementaires pour la poursuite de l'exploitation jusqu'à VD4 + 20 ans ».
2. Lettre ASN CODEP-DCN-2013-013464 du 28 juin 2013 : « Programme générique proposé par EDF pour la poursuite du fonctionnement des réacteurs en exploitation au-delà de leur quatrième réexamen de sûreté ».

Par lettre citée en référence en référence 1, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le caractère suffisant du programme de mise à jour des Dossiers de référence réglementaires (DRR), proposé par EDF dans la perspective de la poursuite de l'exploitation des réacteurs de 900 MWe au-delà de 40 ans.

**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

En 2009, EDF a fait part de son souhait d'étendre la durée de fonctionnement de son parc nucléaire significativement au-delà de quarante ans. A ce sujet, le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs s'est réuni les 18 et 19 janvier 2012 afin d'analyser le contour et les orientations des études génériques à mener dans le cadre de la prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs du parc en exploitation jusqu'à 60 ans. Suite à cette instruction, l'ASN a demandé à l'exploitant « [...] de fournir un échéancier de livraison des notes nécessaires à l'évolution des DRR [...] [et de] produire les notes dans un délai compatible avec une instruction de ces éléments».

En réponse à cette demande, EDF a transmis des éléments sur l'échéancier de mise à jour des DRR à partir de différents documents amont, sur les programmes matériaux en cours ainsi qu'une analyse d'impact du passage de VD4 à VD4 + 20 ans afin de constituer un premier aperçu des zones potentiellement sensibles aux différents mécanismes de dégradation étudiés. EDF a également

transmis des dossiers concernant de nouvelles méthodes mécaniques qui pourraient être valorisées ultérieurement. Ces méthodes peuvent concerner la totalité des circuits primaire et secondaire principaux (CPP/CSP), comme la prise en compte de l'effet de l'environnement, ou bien ne s'appliquer qu'à la cuve comme l'effet de préchargement à chaud dit *Warm Pre-Stressing* (WPS).

#### Échéancier de mise à jour des DRR

L'échéancier présenté par EDF retient une constitution pour fin 2015 de l'état de référence VD4. Ce dernier intègre une durée de fonctionnement jusqu'à la VD4 + 20 ans et d'autres données issues pour la plupart du retour d'expérience du parc ou des modifications réalisées ou à venir. Les études mécaniques nécessaires à la constitution des DRR seront reprises pour une disponibilité fin 2018. Dans la mesure où les études sont initiées sans attendre la finalisation de l'état de référence VD4, entre autres, EDF a prévu une étape de réconciliation courant 2018. L'IRSN n'a pas connaissance des modalités de cette étape dont seul le principe a été évoqué. Par ailleurs, l'IRSN s'est intéressé à la disponibilité des documents issus des DRR comme les doctrines ou les Programme de base et de maintenance préventive (PBMP) dont l'instruction sera nécessaire avant la première visite décennale du réacteur tête de série du palier 900 MWe. Le planning d'EDF apparaît très tendu au moins pour ce qui concerne les VD4 des premières tranches (Tricastin et CP0). L'IRSN estime que des points d'étape annuels devraient être mis en place afin d'identifier suffisamment tôt d'éventuelles difficultés dans le processus de mise à jour. **Ces différents éléments conduisent à la recommandation R01 en annexe.**

#### Programmes en support

EDF a présenté ses programmes pour disposer de caractéristiques des matériaux projetées à 60 ans pour chacune des zones des circuits primaire et secondaire. EDF retient pour chaque phénomène identifié, une démarche structurée allant de l'état des connaissances, à l'établissement des paramètres influents et aboutissant au final à définir un statut qui peut être « *données enveloppes* » ou « *données codifiées bien établies et validées* » ou enfin « *données à consolider* ». Dans ce dernier cas, un programme d'acquisition complémentaire est défini.

Dans l'état des connaissances actuelles et du REX disponible, l'IRSN n'identifie pas de lacune particulière dans la liste des phénomènes de vieillissement pris en compte par EDF dans ses analyses, ni dans la liste des zones prises en considération. L'IRSN a néanmoins identifié quelques aspects qu'EDF devrait étudier. De plus, l'IRSN recommande qu'EDF présente un bilan périodique des expertises de pièces déposées. **Ceci conduit aux recommandations R02 et R03 en annexe.**

EDF envisage de valoriser dans le cadre de la prolongation de la durée d'exploitation, une méthode de relaxation des efforts secondaires. Il s'agit d'efforts induits par des déplacements tels que les moments dus aux remplacements des générateurs de vapeur (RGV) susceptibles d'être relaxés par les boucles primaires. L'IRSN estime que la démarche est acceptable dans son principe puisqu'il s'agit d'un comportement physique de matériaux qui présentent, au niveau des boucles du circuit primaire principal, une ductilité suffisante. Néanmoins, l'IRSN estime que cette méthode ne peut s'appliquer qu'à la condition que les chargements qu'elle vient corriger soient précisément déterminés. L'IRSN estime aussi nécessaire qu'EDF précise son programme de travail de la mise en application de cette démarche. **Ceci conduit à la recommandation R04 en annexe.**

EDF a présenté son programme de prise en compte de l'effet de l'environnement sur le risque de fissuration par fatigue des tuyauteries du CPP. Il s'agit d'une démarche en trois étapes qui comprend :

- une redéfinition de la courbe de fatigue moyenne en air ;
- une évolution de la courbe de conception en air<sup>1</sup> ;
- la prise en compte de l'effet de l'environnement sur la base de la codification américaine en vigueur.

Lors de la dernière étape, EDF considère néanmoins que la codification est trop pénalisante, car la courbe de conception contient déjà intrinsèquement un effet d'environnement. EDF envisage de normaliser le facteur d'environnement obtenu sur la base de la codification américaine en le divisant par une valeur valant entre trois et cinq.

L'IRSN ne se positionne pas sur cette méthode qui fera l'objet d'une instruction spécifique ainsi qu'il en a été convenu avec l'ASN, en particulier pour ce qui concerne le bien-fondé de la normalisation du facteur d'environnement envisagée par EDF.

L'IRSN considère néanmoins que le domaine de validité de la méthode devrait être justifié. Par exemple, la sensibilité des aciers ferritiques est insuffisamment justifiée et la courbe de fatigue, issue d'essais sur des alliages austénitiques, est étendue sans justification aux alliages à bases Nickel ou aux alliages austéno-ferritiques. De plus, l'IRSN considère que l'exploitant devra compléter les études de la courbe de fatigue au-delà de  $10^6$  cycles. **Ceci conduit à la recommandation R05 en annexe.**

#### Évolution du Dossier des situations (DDS)

EDF indique que l'analyse des zones sensibles du CPP et des CSP au dommage à la fatigue pourra faire appel aux dispositifs « fatiguemètres » constitués de capteurs de mesure des températures en paroi externe d'une tuyauterie et de systèmes d'enregistrement des informations. Seules sont concernées les zones soumises à une stratification thermique et des enregistrements sont en cours sur certaines tranches. Selon EDF, une synthèse des enregistrements n'est pas envisageable à l'échéance de la VD4 900. L'IRSN constate que la validation de la méthode ne s'appuie que sur des calculs mais ne comporte pas de recalage avec des essais. Par ailleurs, l'IRSN considère qu'EDF doit préciser le cadre dans lequel ces éléments seront éventuellement valorisés. **Ceci conduit à la recommandation R06 et à l'observation O01 en annexe.**

En 2011, les extrapolations de situations à l'échéance de VD4 + 20 ans faisaient apparaître 40 situations en dépassement si l'exploitant n'entreprenait aucune action correctrice, soit 26 % des situations. En 2014, ces situations ne sont plus qu'au nombre de 35, en particulier suite à des améliorations de la conduite, et beaucoup ne concernent qu'une seule tranche. L'IRSN n'a pas de remarque particulière quant à la mise en application des différentes évolutions de conduite évoquées ci-dessus pour anticiper et traiter les dépassements du nombre d'occurrences de certaines situations. En effet, l'exploitant applique des actions qui sont en place depuis une quinzaine d'années et qui font l'objet d'un suivi annuel de la part de l'ASN et de l'IRSN. L'IRSN conclut donc que le processus apparaît maîtrisé et qu'il n'a pas été identifié de dépassement des hypothèses retenues à la conception à l'échéance VD4+20. En cas de dépassement, une analyse au cas par cas sera nécessaire.

---

<sup>1</sup> A ce stade, des coefficients de transposition de 1,4 et 10 sont introduits au lieu de 2 et 20 antérieurement

### Comportement mécanique des cuves

Selon l'analyse d'EDF, aucune zone ne devient sensible à la fissuration par fatigue à l'échéance de la VD4+20 ans. Ce résultat est en partie lié au programme de remplacement de couvercles qui ont tous été remplacés entre 12 et 14 années après leur mise en service. L'IRSN partage cette analyse.

Concernant le risque de rupture brutale, l'IRSN partage avec l'exploitant le fait que la zone de cœur reste une zone sensible à VD4 + 20 ans. Par contre, l'IRSN estime que le caractère non sensible des coins de tubulures à VD4 + 20 n'est pas démontré. Des analyses complémentaires tant en ce qui concerne le comportement du matériau que le risque de rupture brutale sont en cours. L'IRSN considère donc que ces zones, pouvant présenter des défauts sous revêtement, doivent faire l'objet d'un contrôle systématique en VD4 visant à s'assurer que les défauts présents n'évoluent pas. **Ceci conduit à la recommandation R07 en annexe.**

Au cours de l'instruction, EDF a indiqué vouloir prendre en compte l'Écart physique du dôme (EPD). Il s'agit d'une anomalie de la modélisation à l'aide du code de calcul de thermohydraulique CATHARE qui n'estime pas correctement la température dans le dôme de cuve pour certaines conditions de fonctionnement. L'impact de cet écart est multiple et nécessite une reprise des calculs de thermohydraulique, des procédures de conduite, du dossier des situations et des dossiers mécaniques de la cuve et de ses internes. Pour l'IRSN, au-delà de cette remise en conformité documentaire, EDF devrait s'interroger sur les dommages qu'ont pu subir les équipements et en particulier les tubulures de cuve, du fait des sollicitations induites par ce chargement non pris en compte à la conception. **Ceci conduit à la recommandation R08 en annexe.**

L'exploitant a également proposé de classer en 3<sup>e</sup> catégorie les brèches primaires de taille inférieure ou égale à 1 pouce dans le DDS et en 4<sup>e</sup> catégorie les brèches de taille supérieure à 1 pouce. L'IRSN rappelle que le classement des brèches est basé sur des études statistiques et qu'en l'absence de nouveaux éléments, leur classement ne doit pas évoluer. **Ceci conduit à la recommandation R09 en annexe.**

Concernant l'effet de préchargement à chaud (WPS), EDF a présenté une note de synthèse des essais réalisés ainsi qu'un projet de codification. L'instruction de la démarche devra avoir lieu dans un cadre dédié. Néanmoins, l'IRSN observe à ce stade que le critère envisagé s'appuie sur une ténacité calculée et non plus sur une ténacité mesurée, ce qui est une évolution majeure. La ténacité tenant compte de l'effet WPS est en effet déduite de calculs de thermohydraulique et de mécanique, dont les incertitudes n'ont pas été estimées, ce qui n'est pas satisfaisant. **Ceci conduit à la recommandation R10 en annexe.**

Dans le cadre de la convergence des études parc/EPR, l'IRSN considère qu'il conviendrait de s'assurer de la robustesse des études mécaniques de conception des équipements du CPP et CSP pour les nouvelles situations correspondant à des conditions de fonctionnement de dimensionnement de l'EPR. De plus, l'augmentation des délais disponibles pour l'opérateur pour agir en situation accidentelle constitue une amélioration de la sûreté. Le délai d'action de l'opérateur doit faire l'objet d'une attention particulière dans la mesure où il constitue une hypothèse des études d'accidents dont le

conservatisme n'est pas garanti. Il importe donc de vérifier l'absence d'effet falaise en cas d'augmentation du délai d'action de l'opérateur de 20 à 30 min pour les réacteurs du parc en exploitation. **Ceci conduit aux recommandations R11 et R12 en annexe.**

Pour l'IRSN, la cuve étant un composant en exclusion de rupture, la démonstration de la tenue mécanique doit être robuste y compris à la prise en compte d'un aggravant, de manière analogue à la pratique en vigueur pour les études d'accidents présentées dans le rapport de sûreté. Ainsi, une situation de petite brèche primaire avec comme aggravant la défaillance d'une file d'injection de sécurité pourrait être plus pénalisante à l'égard du risque de rupture brutale de la cuve que les scénarios de brèches primaires actuellement étudiés. **Ceci conduit à la recommandation R13 en annexe.**

#### **Comportement mécanique des autres composants**

EDF a réalisé une analyse de l'impact du passage de 40 à 60 ans vis-à-vis des dommages à la fatigue et à la rupture brutale du CPP/CSP. Les analyses à la fatigue n'ont mis en évidence que huit nouvelles zones sensibles à la fatigue sur le CPP et les CSP ainsi que deux robinets. Il s'agit de zones au niveau de certains GV de remplacement, des Groupe motopompe primaires (GMPP) et des circuits auxiliaires et pour lesquelles EDF devra se prononcer sur leur contrôlabilité. **Ceci conduit aux recommandations R14 à R16 et à l'observation O02 en annexe.** Les deux robinets identifiés font déjà l'objet d'un suivi en service comportant des visites internes.

Concernant la rupture brutale, l'exploitant n'identifie pas de nouvelle zone sensible à la rupture brutale à VD4 + 20 ans. Pour l'IRSN, l'état actuel des études ne permet pas de dédouaner le coin de tubulure d'aspersion du pressuriseur, qui devrait donc être classé comme sensible dans l'attente des justifications complémentaires. Concernant le GV, les études de l'exploitant, qui ne traitent pas de la partie CSP, sont incomplètes de ce fait. L'IRSN constate également que plusieurs études mécaniques présentées ne sont pas à jour et devront être reprises. En dehors de ces zones dont le statut ne peut pas être établi, l'IRSN n'a pas, à ce stade, de remarque sur le classement des autres zones des CPP/CSP qu'effectue l'exploitant.

#### **Conclusion sur le comportement mécanique des composants du CPP/CSP**

Pour l'IRSN, le travail réalisé par EDF apparaît exhaustif et est basé dans la plupart des cas sur les dernières données disponibles. Les analyses à la fatigue et à la rupture brutale n'ont mis en évidence, à ce stade, qu'un nombre limité de nouvelles zones sensibles. L'IRSN considère, comme EDF, que les résultats de cette analyse d'impact du passage de VD4 à VD4 + 20 ans ne constituent qu'un premier aperçu des zones potentiellement sensibles aux différents mécanismes de dégradation étudiés. Cette vision dépend fortement pour les analyses à la rupture brutale de l'évolution des caractéristiques des matériaux pour lesquels des programmes sont en cours. La liste de ces zones n'est donc pas définitive, et plusieurs zones pourraient voir leur classement évoluer en fonction de la mise à jour des dossiers d'analyse du comportement et des dossiers de rupture brutale sur la base d'un dossier des situations révisé et des évolutions des méthodes ou de leurs hypothèses. Les DRR qui seront mis à jour en VD4 auront pour vocation à intégrer tous ces éléments.

Même si le nombre de zones qui deviendraient sensibles à la fatigue ou à la rupture brutale à l'échéance de la VD4 + 20 ans reste limité, l'IRSN rappelle que l'ASN a demandé à EDF par sa lettre en référence 2 d'augmenter le volume des contrôles des zones déjà surveillées et étendre ces contrôles à des zones non surveillées actuellement, par sondage, au regard de l'extension de la durée de fonctionnement envisagée. Ceci fait l'objet de l'observation O03.

Pour le Directeur général, par ordre  
Frédéric MÉNAGE  
Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

## Recommandations

### Échéancier de mise à jour des DRR des réacteurs de 900 MWe

R01 : L'IRSN recommande qu'EDF :

- transmette des éléments de visibilité et un échéancier consolidé sur la mise à jour des DRR à 60 ans et des doctrines et PBMP du CPP/CSP ;
- détaille la démarche qui sera mise en œuvre à l'occasion de l'étape de réconciliation ;
- mette en place des points d'étape annuels sur le déroulement de la mise à jour des DRR et des documents de maintenance afin d'identifier suffisamment tôt d'éventuelles difficultés dans le processus de mise à jour.

### Programmes en support

R02 : L'IRSN recommande qu'EDF complète son programme de travail en étudiant :

- l'influence des contraintes de service sur le vieillissement des matériaux soumis à l'irradiation ;
- l'effet de l'écrouissage sur le vieillissement thermique des coudes austénoferritiques laissés en place après le remplacement des GV ;
- le vieillissement thermique de tous les types de joints soudés existants sur le CPP en élargissant son programme de caractérisation sur maquette.

R03 : L'IRSN recommande qu'EDF réalise et présente à l'ASN un bilan périodique des résultats pour tous les programmes de suivi du vieillissement par expertises sur pièces déposées.

R04 : Concernant la méthode de relaxation des efforts secondaires, l'IRSN recommande qu'EDF présente :

- un bilan des moments apportés par les remplacements de GV et les remplacements de tronçon de branche froide du parc en tenant compte de l'ensemble des incertitudes liées à l'accostage et au retrait de soudage ;
- son programme de travail et l'échéancier associé pour la mise en application de cette méthode dans le processus de mise à jour des DRR.

R05 : L'IRSN recommande qu'EDF complète son approche pour la prise en compte des effets d'environnement par des études visant à :

- valider l'extension de la démarche aux alliages austéno-ferritiques et aux alliages à base nickel ;
- préciser la sensibilité du dommage à la fatigue côté CSP à l'effet de l'environnement ;
- disposer d'une courbe de conception en air au-delà de  $10^6$  cycles.

### Évolution du Dossier des situations (DDS)

R06 : L'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais de validation expérimentaux visant à consolider le domaine de validité de la méthode mise en œuvre pour évaluer les chargements en paroi interne des zones sensibles à la fatigue thermique. Ces éléments devront être présentés lors de la valorisation du projet « *fatiguemètre* » dans les dossiers des situations.

### Tenue mécanique des cuves

R07 : L'IRSN recommande qu'EDF contrôle l'ensemble des coins de tubulures de cuve du palier 900 MWe en VD4 selon une méthode de contrôle qualifiée.

R08 : Concernant l'écart physique du dôme, l'IRSN recommande qu'EDF établisse un bilan de l'ensemble des incidents de passage en thermosiphon sur le parc et se positionne sur les dommages qu'auraient pu subir la cuve et ses tubulures.

R09 : L'IRSN recommande que les petites brèches primaires jusqu'à 6 pouces soient maintenues en 3<sup>e</sup> catégorie dans le dossier des situations, en l'absence de justifications techniques des évolutions proposées.

R10 : L'IRSN recommande que la formulation du critère de l'effet WPS intègre une marge permettant de couvrir les incertitudes attachées aux modélisations thermohydrauliques et mécaniques.

R11 : L'IRSN recommande qu'EDF vérifie le comportement mécanique des équipements du circuit primaire principal et du circuit secondaire principal des réacteurs de 900 MWe pour les situations pertinentes, non prises en compte à leur conception, mais retenues pour la conception du réacteur EPR.

R12 : Pour ce qui concerne les études de comportement mécanique des équipements des réacteurs de 900 MWe, l'IRSN recommande qu'EDF présente une évaluation des conséquences de la transposition des valeurs de délais d'intervention de l'opérateur fixés pour le réacteur EPR, en vue notamment d'identifier les effets falaise éventuels.

R13 : Dans le cadre de la mise en œuvre de la prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe, l'IRSN recommande qu'EDF vérifie la robustesse des études de tenue en service des cuves à la prise en compte d'un aggravant.

### Tenue mécanique des autres composants

R14 : Pour ce qui concerne les GV de remplacement de type 51B et 47/22, l'IRSN recommande qu'EDF définisse un programme de suivi en service adapté pour prendre en compte le risque supplémentaire lié à la fatigue ainsi qu'un dossier de réparation des tubulures d'eau alimentaire et des piquages secondaires.



R15 : Concernant les GMPP, l'IRSN recommande qu'EDF se dote d'une méthode de contrôle qualifiée pour inspecter la zone de congé de la bride de barrière thermique.

R16 : Concernant les tuyauteries auxiliaires du CPP, l'IRSN recommande qu'EDF précise dès maintenant les moyens de contrôles qualifiés dont il dispose pour suivre en service les nouvelles zones identifiés comme sensibles.

**Observations**

**Observations**

O01 : L'IRSN considère qu'EDF devrait présenter l'échéancier d'intégration des résultats de mesures issus des « *fatiguemètres* » dans les DDS.

O02 : L'IRSN considère que le programme de suivi en service de la robinetterie devrait être revu pour prendre en compte le risque supplémentaire lié à la fatigue – notamment en termes de périodicité.

O03 : L'IRSN considère qu'EDF devrait renforcer les contrôles des soudures homogènes du CPP et de la liaison soudée volute/diffuseur.