

Fontenay-aux-Roses, le 27 mai 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2016-00167

Objet : REP - Centrale nucléaire de Cattenom - Réacteur n° 4 - INB n° 126

Arrêt pour visite partielle n° 18 - Colmatage des plaques entretoises des générateurs de vapeur

- Réf. :**
1. **lettre ASN CODEP-STR-2016-018960 du 10 mai 2016 : Cattenom 4 : arrêt pour visite partielle n° 18 - Colmatage des plaques entretoises des GV**
 2. **Avis/DSR N° 2008-423 du 12 décembre 2008 : Réacteurs nucléaires à eau sous pression - Réacteurs du palier 1300 MWe - Colmatage des GV - Méthode de calcul du taux de circulation**

Conformément à la demande formulée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) dans la lettre citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué l'acceptabilité, du point de vue de la sûreté et de la tenue mécanique des générateurs de vapeur (GV), de la stratégie d'EDF à l'égard du taux de colmatage élevé observé sur les plaques entretoises (PE) supérieures des GV du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Cattenom.

En application de cette stratégie, EDF propose le fonctionnement du réacteur pour deux cycles supplémentaires avant nettoyage chimique. Au titre de la défense en profondeur, EDF propose de réaliser un examen télévisuel (ETV) des passages foliés de la PE9 du GV n° 41 lors du prochain arrêt du réacteur en 2017. EDF propose également de réaliser une mesure mensuelle des niveaux gamme large (NGL) des quatre GV après le redémarrage du réacteur, ce qui lui permettra de suivre l'évolution du comportement des GV du réacteur n° 4 de Cattenom par application de la règle d'essais Perfos-GV.

L'ASN a en particulier demandé à l'IRSN son avis sur :

- la cinétique de colmatage estimée par l'exploitant et l'acceptabilité de l'échéance mentionnée pour procéder à un nettoyage chimique des GV ;
- les taux de colmatage acceptables sur ces équipements pour la remise en service du réacteur.

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

À la demande de l'ASN, EDF a complété les ETV qu'il a réalisés sur la PE9 du GV n° 41 lors de la visite partielle (VP) de 2016 par des ETV sur la PE9 de l'ensemble des GV du réacteur et sur les PE1, PE5 et PE6 des GV n° 41 et n° 44. Ces ETV lui ont permis de considérer que les quatre GV connaissent un colmatage et un encrassement similaires et de confirmer que la répartition verticale du taux de colmatage est de type « piqué haut »¹. Le taux de colmatage maximum atteint actuellement sur la PE9 est de 45 % ± 4 % en branche chaude (BC) et 26 % ± 5 % en branche froide (BF), pour le GV n° 44.

Dans les conditions de colmatage des GV du réacteur n° 4 de Cattenom, EDF estime acceptable une valeur du taux de colmatage moyen en PE9 inférieure ou égale à 58 %.

Partant d'une hypothèse d'évolution linéaire du taux de colmatage entre les résultats des ETV réalisés en 2011 et en 2016, EDF a évalué une évolution maximale de 9,2 % pour un cycle, et un taux de colmatage moyen sur la PE9 au maximum égal à 57 % à l'issue de deux cycles de fonctionnement, donc inférieur à la valeur limite de 58 %. Cette valeur de 58 %, définie par EDF pour les GV de type 68/19 des réacteurs 1300 MWe, valable pour un colmatage de type « piqué haut », est liée à la baisse du taux de circulation et au risque d'oscillation du niveau d'eau qui en découle, et non au risque d'instabilité fluide-élastique des tubes de GV. La validation de ce taux de colmatage, communiqué par EDF en avril 2016, ne fait pas l'objet de la présente analyse.

L'avis de l'IRSN s'appuie donc sur les dossiers instruits antérieurement au nouveau dossier relatif au colmatage.

Pour l'IRSN, du point de vue de la sûreté, les deux points à analyser sont les conséquences d'un taux de colmatage élevé sur le risque d'instabilité fluide-élastique des tubes de GV et sur le taux de circulation dans le retour d'eau du GV.

Risque vibratoire des tubes de GV

L'écoulement du mélange eau-vapeur dans le circuit secondaire des générateurs de vapeur peut induire des vibrations des tubes. Au-delà d'une certaine vitesse d'écoulement, l'interaction fluide-structure peut conduire à des vibrations de grande amplitude des tubes, qualifiées d'instabilité fluide-élastique. Les amplitudes des vibrations générées par cette instabilité fluide-élastique deviennent alors suffisamment importantes pour entraîner une fissuration, voire la rupture des tubes de GV.

En ce qui concerne l'instabilité fluide-élastique des tubes de GV, les taux de colmatage admissibles sur la PE9 des GV, retenus par EDF dans un dossier antérieur, relatif au BTGV 10 % sur les GV de type 68/19 en gestion combustible « Gemmes », étaient de 66 % en BC et en BF, en prolongation de cycle. Pour un tel taux de colmatage, le rapport d'instabilité² est évalué à 0,91 par des calculs de

¹ Colmatage de type « piqué haut » : correspond à une répartition de colmatage telle que le taux de colmatage est maximal sur les premières PE supérieures et faible sur les PE inférieures.

² Rapport d'instabilité : rapport de la vitesse d'écoulement moyenne sur la vitesse critique d'instabilité. Pour que le risque d'instabilité fluide-élastique des tubes de GV soit écarté, la valeur du rapport d'instabilité doit être inférieure à 1.

thermohydraulique et de mécanique, pour un rapport critique égal à 1. L'IRSN a évalué, pour sa part, le taux de colmatage qui serait obtenu au bout d'un cycle de fonctionnement du réacteur, en considérant d'une part une cinétique linéaire pour ce phénomène, et d'autre part les incertitudes de mesure de façon défavorable. L'IRSN obtient un taux de colmatage maximum en PE9 de 68 % en BC et de 43 % en BF. La cinétique de colmatage évaluée par l'IRSN est plus élevée que celle calculée par EDF qui, par ailleurs, ne prend pas en compte la dissymétrie entre la BC et la BF. Au cours de l'instruction, EDF a complété son analyse en évaluant le rapport d'instabilité correspondant dans les conditions de colmatage estimées par l'IRSN, en tenant compte de la dissymétrie : le rapport d'instabilité qu'EDF estime à partir d'analyses de sensibilité est de 0,85. L'IRSN considère que ce rapport d'instabilité, calculé pour un cycle, bien qu'inférieur à la limite de 1, demeure élevé compte tenu des incertitudes inhérentes aux calculs permettant de l'estimer. En tout état de cause, il ne s'agit pas d'une situation satisfaisante, en aucun cas envisageable sur deux cycles de fonctionnement.

Afin de se prémunir d'un risque d'instabilité fluide-élastique, l'IRSN considère donc que les GV du réacteur n° 4 de Cattenom doivent faire l'objet d'un nettoyage chimique au plus tard à l'issue du prochain cycle de fonctionnement du réacteur. De plus, afin d'obtenir une évaluation plus fiable de la cinétique de colmatage, l'IRSN estime qu'il est souhaitable qu'EDF réalise un ETV sur la PE9 d'un GV parmi les quatre, avant le nettoyage chimique, compte tenu de l'homogénéité du colmatage constatée jusqu'ici. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe 1.**

Taux de circulation dans le retour d'eau du GV

Le taux de circulation étant un indicateur important pour la stabilité de fonctionnement des GV, l'IRSN a accepté, pour les GV des réacteurs du palier 1300 MWe, une valeur minimale de ce taux de 3, avec une incertitude de 0,38 [2]. Le taux de circulation étant un indicateur important pour la stabilité de fonctionnement des GV, l'IRSN estime qu'EDF doit évaluer sa valeur mensuellement, à chaque mesure du NGL réalisée au titre de l'essai périodique Perfos-GV. Si la valeur minimale est franchie ou si les variations du NGL montrent des hausses rapides ou inexplicables, l'IRSN estime que le réacteur doit être arrêté. **Cela fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe 1.**

Morphologie du colmatage observée sur les GV du réacteur n° 4 de Cattenom

La morphologie de colmatage observée sur la PE9 des GV du réacteur n° 4 de Cattenom étant atypique, l'IRSN s'interroge sur l'efficacité des procédés de nettoyage chimique déjà mis en œuvre sur le parc EDF, pour supprimer une telle morphologie de colmatage. En conséquence, l'IRSN estime que, après le nettoyage chimique à réaliser à l'issue du prochain cycle, EDF doit impérativement procéder à un ETV de la PE supérieure d'un GV, afin de vérifier l'efficacité du nettoyage chimique qui sera mis en œuvre pour remettre en conformité les GV. **Ceci est pris en compte dans la recommandation n° 1 en annexe 1.**

Enfin, l'IRSN rappelle que, non seulement la morphologie du colmatage observée sur les GV du réacteur n° 4 de Cattenom est atypique, mais que différents événements ont affecté le circuit secondaire de ce réacteur, comme plusieurs entrées d'eau brute. Des dégradations particulières observées sur les GV du réacteur n° 4 de Cattenom (fissuration de tubes de GV, fissuration d'un bloc support de l'enveloppe de faisceau des tubes de GV) et sur les circuits secondaires principaux

(corrosion-érosion sur le système d'eau alimentaire) pourraient être liées à ces entrées d'eau brute. De plus, l'entrée d'eau brute via le condenseur pourrait constituer un aggravant du colmatage. En conséquence, l'IRSN estime que, pour une poursuite ultérieure sûre de l'exploitation, EDF devrait prendre des mesures afin d'obtenir une qualité optimale de la chimie du poste d'eau. **Cela fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2.**

De façon générale, l'IRSN constate que des phénomènes de colmatage important réapparaissent sur les GV du parc EDF (réacteur n° 2 de Saint Alban, réacteur n° 4 de Cattenom). Ces situations sont traitées au cas par cas, en s'appuyant sur les valeurs limites issues des études et sur une estimation de la cinétique de colmatage. L'IRSN considère que l'utilisation telle quelle des résultats de ces études n'est pas souhaitable pour l'exploitation, compte tenu des incertitudes associées à la cinétique de colmatage et aux calculs présentés par EDF. En conséquence, l'IRSN estime que les GV doivent être exploités à des niveaux de colmatage bien inférieurs aux limites prise en compte dans les études d'EDF. De ce fait, la gestion de ces événements au cas par cas, en se référant à des hypothèses d'études pour statuer sur les conditions d'exploitation acceptables, relève d'une situation dégradée. Sans préjuger de l'instruction de la nouvelle stratégie de maintenance des GV, l'IRSN estime d'ores et déjà qu'EDF, dans le cadre de sa stratégie de maintien en propreté du compartiment secondaire des GV, doit proposer une valeur limite du taux de colmatage des GV, intégrant des marges par rapport aux valeurs limites des dossiers. **Cela fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe 1.**

En conclusion de cette évaluation et sous réserve de la prise en compte des recommandations n° 1 et n° 2 en annexe 1, l'IRSN considère acceptable, du point de vue de la sûreté, l'exploitation du réacteur n° 4 de Cattenom pour un cycle. De plus, l'IRSN formule une observation spécifique au réacteur n° 4 de Cattenom portant sur la qualité de la chimie du poste d'eau et une recommandation générale relative à la stratégie de maintien en propreté du compartiment secondaire des GV du parc en exploitation, en attente de son instruction par l'IRSN.

Pour le Directeur général de l'IRSN et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN/2016-00167 du 27 mai 2016

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande qu'EDF réalise, au plus tard à l'issue du prochain cycle de fonctionnement, un nettoyage chimique des quatre générateurs de vapeur (GV) du réacteur n° 4 de Cattenom. L'IRSN recommande que ce nettoyage chimique soit précédé et suivi d'un examen télévisuel (ETV) sur la plaque entretoise (PE) supérieure de l'un des quatre GV, afin de consolider l'évaluation de la cinétique de colmatage et de s'assurer de l'efficacité du nettoyage chimique.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF évalue la valeur du taux de circulation des GV mensuellement, à chaque mesure du niveau gamme large (NGL) réalisé au titre de la règle d'essais Perfos-GV. Si la valeur minimale, acceptée par l'IRSN dans le cadre de l'avis relatif à la méthode de calcul du taux de circulation, est franchie ou si les variations du NGL montrent des hausses rapides ou inexplicables, l'IRSN recommande que le réacteur soit arrêté et que les GV fassent l'objet d'un nettoyage chimique.

Recommandation n° 3 :

Dans le cadre de sa stratégie de maintien en propreté du compartiment secondaire des GV, l'IRSN recommande qu'EDF propose une valeur maximale admissible du taux de colmatage des GV, intégrant des marges justifiées par rapport aux valeurs limites prises en compte dans les études produites à ce jour.

Annexe 2 à l'avis IRSN/2016-00167 du 27 mai 2016

Observation

Observation n° 1 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait améliorer la qualité de la chimie du poste d'eau du réacteur n° 4 de Cattenom, dans l'objectif de contribuer à limiter la cinétique de colmatage. En particulier, le fonctionnement hors zone 1 du diagramme de purge des générateurs de vapeur (APG) des spécifications techniques d'exploitation (STE) est à limiter autant que possible.