

Fontenay-aux-Roses, le 08 octobre 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00271

Objet : CNPE de Nogent sur Seine - Saisine entrant dans le cadre de l'instruction d'un dossier de demande d'autorisation de modification (art.26)
Modification temporaire du chapitre X des RGE dans le cadre du redémarrage de la tranche 1 à l'issue de son arrêt fortuit

Réf. [1] Lettre ASN CODEP-CHA-2018-045689 du 14 septembre 2018.
[2] Lettre ASN CODEP-DCN-2018-040296 du 2 août 2018.
[3] Avis IRSN N° 2012-00252 du 5 juin 2012.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité au plan de la sûreté de la demande de modification temporaire des règles générales d'exploitation (RGE) formulée par l'exploitant du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Nogent.

Contexte

EDF a déclaré un événement significatif pour la sûreté (ESS) à caractère générique relatif au blocage potentiel de grappes dû à l'usure des manchettes thermiques des couvercles de cuve du palier 1300 MWe. Un contrôle d'altimétrie de la tulipe inférieure des manchettes concernées permet de mesurer indirectement leur usure.

Par sa lettre en référence [2], l'ASN a estimé que les contrôles réalisés par EDF, mêmes récents, ne permettaient pas d'exclure la détérioration de plus d'une manchette thermique et le blocage potentiel de plusieurs grappes. L'ASN a donc demandé à EDF de définir un programme de contrôles anticipés des manchettes thermiques des couvercles des réacteurs qui n'ont pas encore fait l'objet d'un contrôle et qui apparaissent les plus critiques (marquage sur la plaque supérieure des tubes guides de grappe). Par ailleurs, EDF s'est engagé à mettre en œuvre certaines mesures compensatoires consistant à limiter l'insertion des groupes de grappes dans le cœur et, pour certains réacteurs, à réaliser tous les mois un essai de mesure du temps de chute des grappes.

Pour le réacteur n° 1 de Nogent, l'expertise de l'inspection télévisuelle de la plaque support des tubes guide de grappes, réalisée en 2017, a révélé un seul marquage de guide de grappe, en position H08. Conformément à la demande de l'ASN en référence [2], EDF a mis à l'arrêt le

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

réacteur n°1 de Nogent le 17 août 2018 afin de réaliser un essai de temps de chute des grappes. Au cours de cet essai, EDF a constaté le blocage de la grappe H08 appartenant au groupe de régulation de la température moyenne du circuit primaire.

Le réacteur a donc été maintenu à l'arrêt afin de réaliser un diagnostic de cet aléa. L'intervention au niveau de couvercle de cuve a conduit à :

- un déchargement-rechargement des assemblages de combustible à l'identique en cours de cycle ;
- un dépassement de la butée calendaire de 60 jours pour l'essai de carte de flux de périodicité 30 JEPP¹ du chapitre X² des règles générales d'exploitation (RGE) qui consiste à mesurer la distribution de puissance du cœur, vérifier les critères associés et actualiser les paramètres des systèmes de protection (RPR) et de mesure de la puissance nucléaire (RPN).

En l'absence de programme d'essais physiques prenant en compte cette situation, EDF prévoit de ne pas mettre en œuvre la règle d'essais physiques en cours de cycle (REPC) associée au système RPN mais identifie la nécessité :

- de mettre en œuvre les règles d'essais physiques au redémarrage (REPR) à puissance nulle et en puissance du chapitre X des RGE, tout en les adaptant afin de tenir compte de l'épuisement du cœur lors du redémarrage du réacteur ;
- de modifier les prescriptions du chapitre III³ des RGE relatives au suivi des crédits K⁴ et A⁵ qui limitent les durées de fonctionnement du réacteur à puissance intermédiaire.

Modifications temporaires du chapitre X des RGE

Certains aléas d'exploitation peuvent conduire à décharger partiellement ou complètement le cœur du réacteur puis à le recharger à l'identique. Or, de telles situations ne sont pas couvertes par le chapitre X des RGE. La manutention d'assemblages de combustible en cours de cycle conduit à un risque accru d'accident de criticité⁶. À cet égard, l'IRSN considère que la fiabilité des lignes de défense en cas d'erreur de chargement n'est pas totale, le facteur humain intervenant toujours de manière importante. Cependant, l'IRSN estime que la mise en œuvre d'un programme d'essais physiques complet, tels que ceux prescrits par les REPR à puissance nulle et en puissance, constitue une ligne de défense forte et une démarche adaptée aux enjeux de sûreté.

La démarche retenue par EDF pour la remontée en puissance du réacteur n°1 de Nogent consiste à prioriser la mise en œuvre de la REPR en puissance par rapport à la REPC.

La REPC prescrit la conduite à tenir lorsque lors de situations conduisant à ne pas respecter la périodicité de réalisation d'une carte de flux ou les délais d'implantations des paramètres du SPIN et des coefficients de calibrage

¹ Jour-équivalent-pleine-puissance : 1 JEPP représente l'énergie fournie en 24 heures par un réacteur fonctionnant à puissance nominale.

² Le chapitre X des RGE définit les programmes d'essais physiques du cœur à mettre en œuvre au redémarrage après déchargement puis renouvellement d'une partie du combustible, ainsi qu'en cours de cycle.

³ Le chapitre III des RGE définit les règles techniques qui doivent être respectées en fonctionnement normal afin de maintenir le réacteur dans le domaine couvert par la démonstration de sûreté.

⁴ En cas de transitoire incidentel du réacteur, l'augmentation de puissance conduit à la dilatation des pastilles de combustible. Dans une telle situation, leur interaction mécanique avec la gaine des crayons peut conduire à des ruptures par interaction entre la pastille et la gaine (IPG) compte tenu des propriétés thermomécaniques respectives des pastilles et de la gaine des crayons et de l'effet de corrosion de la gaine par les produits de fission. Pour éviter ce risque, le chapitre III des RGE prescrit le suivi du crédit K qui est représentatif des marges de sûreté vis-à-vis du risque de rupture de gaine par IPG assistée par la corrosion sous contrainte.

⁵ L'insertion de groupes de contrôle lors d'un fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire conduit à un sous-épuisement des assemblages dans la partie haute du cœur en raison de l'insertion des groupes de régulation. Après un tel fonctionnement, l'extraction des groupes provoque une augmentation des facteurs radiaux de point chaud qui s'atténue avec l'épuisement du combustible. Ce phénomène est pris en compte dans la démonstration de sûreté via la prise en compte de pénalités. En exploitation, la suffisance de ces pénalités est garantie par le chapitre III des RGE qui prescrit le suivi du crédit A, représentatif de l'accroissement des facteurs de point chaud.

⁶ Un accident de criticité est un transitoire qui conduit à une divergence incontrôlée du réacteur.

des CNP prescrits par le chapitre X des RGE. Cette conduite doit permettre de garantir la sûreté lors de la remontée en puissance du réacteur, faisant suite à un aléa ayant entraîné le repli ou l'arrêt du réacteur, jusqu'à la réalisation des essais de carte de flux et des implantations requises.

EDF justifie le choix de prioriser la mise en œuvre de la REPR en puissance par rapport à la REPC par le conservatisme de la REPR en puissance jusqu'au palier 75-80 % Pn. En revanche, au-delà de ce palier, la REPC est plus pénalisante que la REPR en puissance sur certains points. En effet, la REPC prescrit :

- de régler pendant toute la remontée en puissance le seuil de la chaîne de protection « haut flux nucléaire » sur les CNP à 106 % Pn au lieu de 109 % Pn (valeur standard). Cet abaissement du seuil de protection doit permettre de compenser un éventuel sous-conservatisme de la puissance nucléaire reconstruite par les CNP, à partir de coefficients de calibrage non-adaptés, par rapport à la puissance thermique de référence. La REPR en puissance requiert, quant à elle, de régler le seuil à 70 % Pn, avant la montée au-delà de 10 % Pn, à 95 % Pn, avant la montée au-delà du palier 75-80 % Pn, puis à 109 % Pn, avant la montée au palier nominal ;
- de mettre en œuvre pendant toute la remontée en puissance une pénalité supplémentaire de 5 % sur la puissance linéique reconstruite en ligne par le SPIN afin de tenir compte de la perte de la représentativité des facteurs radiaux de point chaud⁷ associés à la configuration « toutes grappes extraites » mesurés lors du dernier essai de carte de flux et implantés dans le SPIN. Or, la mise œuvre d'une telle pénalité n'est pas prescrite par la REPR en puissance.

Les coefficients de calibrage des CNP et les facteurs radiaux de point chaud qui seront implantés en préalable à la divergence du réacteur ont été déterminés à partir d'une carte de flux réalisée à puissance nominale le 16 août 2018, soit un jour avant l'arrêt du réacteur. L'utilisation de ces données réduit donc le risque de perte de représentativité⁸ de ces paramètres. Par ailleurs, la REPR en puissance prescrit d'actualiser le calibrage des CNP ainsi que les facteurs radiaux de point chaud au palier 75-80 % Pn. Dans ces conditions, l'IRSN estime que le réglage du seuil de protection « haut flux nucléaire » sur les CNP à 109 % Pn et la suppression de la pénalité de 5 % sur les facteurs radiaux de point chaud à partir du palier 75-80 % Pn est acceptable.

L'IRSN estime donc acceptable la démarche d'EDF de mettre en œuvre, pour la remontée en puissance du réacteur n°1 de Nogent, la REPR en puissance au lieu de la REPC.

Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent⁹, en raison de l'épuisement¹⁰ du cœur pour la campagne en cours (7816 MWj/t pour une longueur de campagne prévisionnelle de 14912 MWj/t), EDF prévoit d'adapter les programmes d'essais associés aux REPR à puissance nulle et en puissance. Ces adaptations portent sur :

- les paramètres des unités fonctionnelles n°6 et n°7 du système de protection intégré numérique (SPIN). Ces unités fonctionnelles sont associées, notamment, aux chaînes de protection « puissance linéique élevée », « bas rapport de flux thermique critique » et « puissance thermique élevée ». Dans le cadre d'un rechargement avec des assemblages neufs (début de cycle), ces paramètres sont issus d'une part de paramètres d'essais à puissance nominale de la campagne précédente et, d'autre part, de calculs réalisés dans le cadre de la démonstration de sûreté de la recharge. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit d'implanter des paramètres déterminés à partir des mesures de la carte de flux réalisées le 16 août 2018 aux conditions nominales ou à partir de calculs réalisés après cet essai ;

⁷ Il s'agit d'un facteur de forme permettant de caractériser la distribution radiale de puissance dans le cœur. Il représente le rapport, à une cote z dans le cœur, entre la puissance maximale d'un crayon de combustible et la puissance moyenne du cœur.

⁸ L'épuisement du cœur conduit à des redistributions de puissance qui entraînent une perte de représentativité des coefficients de calibrage des CNP et des paramètres du SPIN (facteurs radiaux de point chaud...) entre deux situations de calibrage.

⁹ La divergence du réacteur est actuellement prévue le 12 octobre 2018.

¹⁰ Il s'agit de l'énergie produite par le réacteur rapportée à la masse de combustible neuf rechargé dans le cœur au début de la campagne.

- les coefficients de calibrage des chaînes neutronique de niveau puissance (CNP) du système RPN. La puissance nucléaire, évaluée à partir de ces coefficients et des courants mesurés par les CNP, est utilisée, notamment, pour élaborer les protections « haut flux nucléaire » et « variation rapide de flux ». Dans le cadre d'un rechargement avec des assemblages neufs, ces coefficients de calibrage sont issus de l'essai de carte de flux à puissance nominale réalisée lors de la campagne précédente. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit d'implanter les coefficients déterminés à partir des mesures de la carte de flux réalisée le 16 août 2018 aux conditions nominales ;
- la courbe de calibrage des groupes de compensation de puissance (GCP¹¹). Dans le cadre d'un rechargement avec des assemblages neufs, la courbe de calibrage résulte d'une courbe théorique calculée en considérant un épuisement du cœur de 150 MWj/t. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit d'implanter la courbe de calibrage déterminée par un essai¹² réalisé le 21 juillet 2018 ;
- les seuils de verrouillage à l'extraction des grappes (C1) et de protection « haut flux nucléaire » sur les chaînes neutronique de niveau intermédiaire (CNI). Dans le cadre d'un rechargement avec des assemblages neufs, les seuils implantés en amont de la première montée en puissance sont ceux qui ont été déterminés au palier 45-50 % Pn lors de la première montée en puissance de la campagne précédente. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit de conserver les seuils qui ont été déterminés au début de la campagne en cours.

En conséquence, l'IRSN estime que les modifications qu'EDF prévoit d'apporter à ces règles sont pertinentes compte tenu de l'épuisement du cœur lors de l'arrêt et des conditions de réalisation des derniers essais de carte de flux et d'actualisation de la courbe de calibrage.

Ainsi, l'IRSN n'a pas d'objection à la modification temporaire du chapitre X des RGE telle que déclarée par l'exploitant.

Modifications temporaires du chapitre III des RGE

En l'état du référentiel, le crédit K n'est pas suivi lors de la première montée en puissance après rechargement du combustible. À l'issue de la première montée en puissance, il est réinitialisé à une valeur égale à 100 dès lors que le réacteur a fonctionné pendant 72 heures à la puissance maximale disponible. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit de poursuivre le suivi du crédit K pendant la montée en puissance et de le réinitialiser à une valeur conservative¹³. L'IRSN estime cette démarche acceptable.

De même, en l'état du référentiel, le crédit A n'est pas suivi lors de la première montée en puissance après rechargement du combustible. À l'issue de la première montée en puissance, il est réinitialisé à une valeur nulle. Dans le cadre du redémarrage du réacteur n°1 de Nogent, EDF prévoit de poursuivre le suivi du crédit A pendant la montée en puissance. L'IRSN estime cette démarche acceptable.

En conséquence, l'IRSN n'a pas d'objection à la modification temporaire du chapitre III des RGE telle que déclarée par l'exploitant.

¹¹ Le pilotage du réacteur en mode G repose sur l'utilisation des groupes de compensation de puissance (GCP) qui compensent les variations instantanées de réactivité résultant des variations de puissance et ce, sans déformation excessive de la distribution de puissance.

¹² L'essai d'actualisation de la courbe de calibrage des GCP est prescrit par la REPC RGL du chapitre X. Selon cette règle, la courbe de calibrage doit être mise à jour tous les 60 JEPP.

¹³ EDF prévoit de réinitialiser le crédit K à la valeur minimale entre 100 (valeur standard) et celle obtenue après 72 heures de fonctionnement à la puissance maximale disponible.

Conclusion

L'IRSN estime que la mise en œuvre des programmes d'essais physiques de redémarrage est nécessaire et adaptée dans le cas d'un déchargement puis d'un rechargement du cœur à l'identique en cours de cycle. À ce titre, l'IRSN considère que la mise en œuvre proposée par EDF de ces programmes d'essais ainsi que leurs évolutions, nécessaires pour tenir compte de l'épuisement du cœur, sont pertinentes. En conclusion, l'IRSN estime acceptable du point de vue de la sûreté les modifications temporaires des chapitres III et X des RGE telles que déclarées par EDF.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck DUBOIS

Chef du service de maîtrise des incidents et des accidents