

Fontenay-aux-Roses, le 17 mai 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00135

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 1300 MWe. Redémarrage d'une tranche 1300 MWe avec 2 Grappes Sources Secondaires actives.

Réf. [1] Lettre ASN - CODEP-DCN-2018-018096 du 15 mai 2018.  
[2] Avis IRSN/2017-00276 du 31 août 2017.

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 de la demande de modifications temporaires formulée par Électricité de France (EDF) portant sur les chapitres III (spécifications techniques d'exploitation), IX (essais périodiques) et X (essais physiques) des règles générales d'exploitation (RGE) du réacteur n° 2 de Paluel.

Cette demande vise à permettre le redémarrage de ce réacteur après rechargement du combustible à l'issue de sa troisième visite décennale (VD3) avec deux grappes sources secondaires (GSS) actives et deux autres faiblement actives<sup>1</sup>. Cette situation conduit EDF à envisager que la vérification de la disponibilité de trois chaînes niveau source (CNS<sup>2</sup>) requises au titre du chapitre III des RGE ne soit pas possible dans les états d'arrêt pour rechargement (APR), d'arrêt pour intervention (API), et d'arrêt normal sur RRA<sup>3</sup> (AN/RRA), ce qui nécessite des conditions particulières d'exploitation au redémarrage du réacteur. Cette faiblesse de l'activité de deux des quatre GSS conduira également au non-respect d'un critère du chapitre IX des RGE. De plus, deux CNS ont dû être remplacées au cours de cet arrêt pour rechargement. La concomitance de ce remplacement et de la faiblesse de l'activité de deux des quatre GSS conduit à repousser certains essais requis au titre du chapitre X des RGE.

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> Sur le palier 1300 MWe, la surveillance neutronique requiert l'utilisation de GSS actives afin de rendre possible la vérification de la disponibilité des chaînes neutroniques niveau source en assurant un taux de comptage minimal dès le début du rechargement, puis dans tous les états d'arrêt sous-critiques et ce jusqu'à la divergence (état réacteur en production).

<sup>2</sup> Les CNS sont des capteurs proportionnels à dépôt de bore. Sur les réacteurs de 1300 MWe, elles sont au nombre de quatre. Elles sont placées au contact extérieur de la cuve, au bout des médianes du cœur.

<sup>3</sup> Système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

L'ASN souhaite connaître la réponse de l'IRSN aux questions suivantes :

- la modification permet-elle de détecter correctement une variation de réactivité pouvant conduire à un risque de criticité dans les états d'APR, d'API, d'AN/RRA et d'arrêt normal sur générateurs de vapeur (AN/GV) ?
- les mesures compensatoires associées aux modifications temporaires des RGE proposées par EDF sont-elles suffisantes pour assurer le respect de la démonstration de sûreté dans toutes les configurations rencontrées ?
- la modification demandée engendre-t-elle une augmentation notable du risque d'erreur de manutention d'assemblages de combustible pouvant conduire à une situation inacceptable ?

### Contexte

Suite à un accident de manutention survenu lors du remplacement d'un des générateurs de vapeur (GV) du réacteur n° 2 de Paluel au cours de son 22<sup>ème</sup> arrêt pour rechargement du combustible, le réacteur est à l'arrêt depuis le 16 mai 2015. Le rechargement du cœur est prévu à la fin du mois de mai 2018 après sa VD3.

La protection et la surveillance du réacteur lors d'un redémarrage après un arrêt pour rechargement du combustible ou un arrêt en cours de cycle nécessitent, entre autres, la mesure du flux de neutrons de fuite au moyen des CNS du système de mesure de la puissance nucléaire (RPN). L'une des conditions nécessaires à la vérification de la disponibilité des CNS est que leur taux de comptage soit supérieur au bruit de fond lorsque l'on positionne une source de neutrons dans leur voisinage. Cette vérification est effectuée dès les quatre premières séquences de rechargement du cœur par le positionnement, en regard de chaque CNS, d'un assemblage de combustible comportant une GSS émettrice de neutrons.

Les GSS ne sont cependant pas spontanément émettrices : une activation préalable sous flux neutronique est nécessaire. Par ailleurs, les GSS se désactivent progressivement dès lors qu'elles ne sont plus sous flux neutronique.

Suite à l'arrêt du réacteur n° 2 de Paluel durant trois ans, les GSS de ce réacteur ne sont plus suffisamment actives pour permettre la vérification de la disponibilité des CNS. Par ailleurs, l'arrêt prolongé de ce réacteur a conduit à une diminution notable de la puissance résiduelle des assemblages rechargés, qui contribue à la diminution du niveau de flux neutronique reçu par les CNS.

Cette situation a conduit EDF à vouloir redémarrer ce réacteur avec quatre GSS actives provenant de deux autres réacteurs. Initialement, EDF envisageait de prélever deux GSS sur le réacteur n° 1 de Nogent et deux GSS sur le réacteur n° 2 de Belleville. Le redémarrage de ces deux réacteurs avec seulement deux GSS actives a ainsi fait l'objet d'une instruction de la part de l'IRSN au cours de l'année 2017 [2], réalisée selon le référentiel relatif à la deuxième visite décennale (VD2) applicable à ces deux réacteurs, qui n'a conduit à aucune recommandation. Cependant, lors des essais physiques à puissance nulle réalisés sur le réacteur n° 2 de Belleville, des défauts de manœuvrabilité d'une des grappes de commande ont été constatés, ce qui a conduit à décharger le cœur pour procéder à une intervention. Compte tenu de la durée de l'intervention, EDF a décidé de ne plus prélever de GSS sur ce réacteur et, en remplacement, de prélever une GSS active sur le réacteur n° 1 de Cattenom et une GSS active sur le réacteur n° 1 de Paluel.

Cependant, le retard du redémarrage du réacteur n° 2 de Paluel a conduit à la baisse de l'activité des deux GSS prélevées sur le réacteur n° 1 de Nogent, si bien qu'EDF envisage la mise en œuvre de conditions particulières d'exploitation dans le cas où la vérification de la disponibilité des trois CNS requises au titre du chapitre III des RGE ne serait pas possible. Ces conditions particulières d'exploitation, équivalentes à celles retenues dans le cadre du

dossier de redémarrage avec seulement deux GSS actives, font l'objet d'une analyse de sûreté dans le présent dossier, avec pour modification et ajout essentiels :

- l'impact du passage du référentiel VD2 au référentiel VD3 (évolution du principe de fonctionnement d'une alarme de surveillance du flux neutronique associée aux CNS, extension du domaine de l'essai d'intercomparaison des mesures des taux de comptage des CNS) ;
- l'éventualité d'un arrêt fortuit pour déchargement du combustible avant que les deux GSS faiblement actives n'aient pu être réactivées.

### **Fonctionnement avec deux GSS actives et deux GSS faiblement actives**

Un redémarrage avec deux GSS actives et deux GSS faiblement actives conduit à :

- un faible niveau du signal sur les CNS placées en regard des GSS faiblement actives ;
- des écarts importants en taux de comptage entre les CNS situées en face des GSS actives et celles situées en face des GSS faiblement actives.

Ces phénomènes ont un impact direct sur le contrôle du bon fonctionnement des CNS, dont il faut tenir compte.

Ces deux effets disparaissent au voisinage de la criticité car la proportion du nombre de neutrons émis par les fissions de l'<sup>235</sup>U devient alors prépondérante par rapport à celle des neutrons émis par les GSS.

Cette situation conduit EDF à demander à l'ASN l'autorisation de modifier les chapitres III (demandes de modifications temporaires n°1 et 2), IX (demandes de modifications temporaires n°3 et 6) et X (demande de modification temporaire n°5) des RGE. Les demandes de modifications temporaires n°4 et 7, qui avaient été formulées dans le cadre du dossier ayant fait l'objet d'une instruction de l'IRSN par l'avis en référence [2], n'ont pas été reconduites.

### **Modification temporaire n° 1**

Cette modification temporaire concerne le mouvement de quelques assemblages de combustible dans la cuve après leur chargement, ou lors d'un déchargement éventuel intervenant avant la réactivation des GSS faiblement actives. Ces mouvements ont pour objectif d'augmenter autant que possible, voire de mieux uniformiser, les taux de comptage des CNS. Ils sont contraires aux exigences déclinées dans le « Référentiel Criticité » d'EDF qui précise que « *les procédures d'exploitation interdisent à l'opérateur de déposer en cuve un assemblage à une position différente de celle prévue dans le plan de chargement* », l'objectif étant de limiter le risque d'erreur de chargement du combustible au rechargement ou la formation d'un massif critique en cas de déchargement intervenant avant réactivation des GSS faiblement actives.

Compte tenu de la vérification de la conformité du plan de chargement à l'issue du rechargement du combustible, du faible nombre de mouvements et des déplacements envisagés aussi bien au cours du rechargement que d'un éventuel déchargement intervenant avant réactivation des GSS faiblement actives, l'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 1.

### **Modification temporaire n° 2**

Cette modification temporaire concerne le déplacement d'assemblages porteurs d'une GSS active d'une position du cœur à une autre pour augmenter les taux de comptage des CNS éloignées des GSS actives, aussi bien au cours du rechargement que d'un éventuel déchargement intervenant avant réactivation des GSS faiblement actives. Durant ces phases, une seule GSS active est présente dans cœur, si bien que la surveillance neutronique est affaiblie, et ne repose éventuellement plus que sur une seule CNS.

Une surveillance neutronique du cœur assurée par une seule CNS en APR n'est pas conforme au chapitre III des RGE qui spécifie que trois CNS doivent être disponibles, dont nécessairement les deux CNS surveillant le massif d'assemblages formé en cuve pendant les manutentions du combustible.

Compte tenu de la vérification de la disponibilité du boremètre du système d'échantillonnage nucléaire (REN), de la courte durée de ces situations, de la disponibilité d'une CNS placée en regard d'une GSS active restant présente dans le cœur, et du délai estimé de retour en criticité du réacteur après apparition de l'alarme du boremètre REN en cas d'accident de dilution du réfrigérant primaire (supérieur au délai d'intervention de l'opérateur), l'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 2.

### **Modification temporaire n° 3**

Cette modification temporaire concerne la règle des essais périodiques du système RPN du chapitre IX des RGE. Cette règle demande, dans les états APR cœur complet, API, AN/RRA, AN/GV et RP jusqu'à l'atteinte du permissif P6<sup>4</sup>, de contrôler la dispersion des valeurs des taux de comptage des quatre CNS. L'objectif de cet essai est de s'affranchir d'une éventuelle dérive de l'ensemble détecteur et électronique d'une CNS.

Dans l'hypothèse où le positionnement des GSS actives et faiblement actives ne serait pas symétrique par rapport aux CNS, le critère relatif à cet essai ne sera pas vérifié dans les états d'arrêt. Cette situation se prolongera, selon EDF, pendant au moins la première partie de la campagne dans les états concernés. La règle d'essais RPN permet de différer au passage du P6 la comparaison entre les valeurs extrêmes des signaux CNS lors d'un redémarrage avec une seule GSS neuve (ou faiblement active), mais la situation d'un redémarrage avec deux GSS neuves (ou faiblement actives) n'est pas envisagée. Pour cette raison, EDF envisage une modification temporaire du chapitre IX des RGE dans l'objectif d'assouplir le critère relatif à cet essai pour le redémarrage du réacteur 2 de Paluel avec deux GSS faiblement actives.

L'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 3 dans la mesure où :

- le non-respect du critère est la conséquence normale d'un phénomène dont l'origine est clairement identifiée ;
- EDF procédera à la réalisation de l'essai d'inter-comparaison des mesures pour toutes les CNS positionnées en regard des GSS actives ;
- la logique de l'alarme de surveillance associée aux CNS sera renforcée<sup>5</sup> jusqu'à ce que les GSS faiblement actives soient réactivées.

### **Modification temporaire n° 5**

Les tandems CNS/CNI<sup>6</sup> ouest et nord ont fait l'objet d'un remplacement au cours de l'arrêt pour rechargement du combustible du réacteur n° 2 de Paluel et nécessitent une requalification fonctionnelle au cours du redémarrage du réacteur. Cette requalification nécessite de réaliser des courbes de discrimination (mesure du taux de comptage d'une CNS en fonction du réglage du seuil de discrimination) et de palier haute tension (mesure du taux de comptage d'une CNS en fonction de la valeur de la haute tension).

<sup>4</sup> P6 est un permissif généralement atteint juste après la divergence. Il permet de mettre hors tension les CNS.

<sup>5</sup> Dans les états considérés (API, AN/RRA, AN/GV et RP avant passage du permissif P6), l'alarme associée aux CNS se déclenche si le taux de comptage de deux des quatre CNS dépasse le seuil d'alarme (logique en 2/4). Il est possible de régler cette logique de déclenchement en 1/4 : elle est ainsi « renforcée » puisqu'il suffira que le taux de comptage d'une seule CNS dépasse le seuil pour que l'alarme soit déclenchée.

<sup>6</sup> Les chaînes niveau intermédiaires (CNI) sont des chambres d'ionisation à dépôt de bore, compensées aux rayons  $\gamma$ . Sur les réacteurs de 1300 MWe, elles sont au nombre de quatre et sont positionnées au-dessus de chaque CNS.

Selon le positionnement des GSS lors du rechargement du réacteur n° 2 de Paluel, il est possible que la CNS ouest soit située en regard d'une GSS faiblement active. Le taux de comptage minimum requis pour la réalisation de ces courbes ne pourra pas être atteint même lors de la levée des groupes de grappes de commande du réacteur. Cette situation conduit EDF à envisager une modification temporaire relative au chapitre X des RGE pour repousser la réalisation de ces courbes au cours de la dilution du réfrigérant primaire prévue dans le cadre de l'approche sous-critique.

Cette modification temporaire ayant déjà fait l'objet d'une instruction [2] et n'étant pas affectée par le passage du référentiel VD2 au référentiel VD3, l'IRSN n'a pas de remarque.

### **Modification temporaire n° 6**

Si le taux de comptage d'une CNS positionnée en regard des GSS faiblement actives est inférieur à un seuil réglable, alors cette CNS est considérée indisponible pour cause de défaut matériel.

Cela conduit EDF à envisager une modification temporaire au chapitre IX des RGE dont l'objectif est d'abaisser ce seuil au redémarrage du réacteur et jusqu'à ce que les deux GSS faiblement actives soient activées, ou au plus tard jusqu'à l'arrêt pour rechargement suivant.

Le retour d'expérience des mesures du bruit de fond des CNS (mesures cuve vide) montre que sa valeur est systématiquement largement inférieure au seuil envisagé par EDF. L'IRSN n'a donc pas de remarque concernant la modification temporaire n° 6.

Par ailleurs, le retour d'expérience du prolongement de l'arrêt du réacteur n° 3 de Paluel pour sa VD3 a montré que, pour une CNS dont le taux de comptage est très faible, les valeurs de certains paramètres du RPN nécessitent d'être adaptées pour éviter des déclenchements intempestifs de l'alarme de surveillance du flux neutronique. Compte tenu du retour d'expérience favorable de ces réglages spécifiques, l'IRSN n'a pas de remarque vis-à-vis de l'application de ces réglages au redémarrage du réacteur n° 2 de Paluel.

### **Conclusion**

Compte tenu des analyses de sûreté d'EDF et du référentiel applicable, l'IRSN considère que :

- dans tous les états sous-critiques, toute variation de réactivité pouvant conduire à un risque de criticité sera détectée, en particulier grâce aux mesures compensatoires relatives à la surveillance de la concentration en bore du réfrigérant primaire ;
- les mesures compensatoires prévues par EDF associées aux modifications temporaires permettent d'assurer le respect de la démonstration de sûreté ;
- l'augmentation du risque d'erreur de chargement paraît extrêmement faible.

En conséquence, l'IRSN estime acceptable la demande de modifications des RGE telle que déclarée par EDF pour le redémarrage du réacteur n° 2 de Paluel avec deux GSS faiblement actives et deux tandems chaîne niveau source / chaîne niveau intermédiaire neufs suite à son 22<sup>ème</sup> arrêt pour rechargement du combustible.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté