

Fontenay-aux-Roses, le 31 août 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00276

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 1300 MWe. Demande de modification temporaire des RGE - Redémarrage de réacteur de 1300 Mwe avec deux grappes sources secondaires actives.

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2017-028968 du 23 août 2017.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité au plan de la sûreté d'une demande d'autorisation de modification sur les réacteurs n°1 de Nogent et n°2 de Belleville portant sur l'évolution des chapitres III (spécifications techniques d'exploitation), IX (essais périodiques) et X (essais physiques) des règles générales d'exploitation (RGE).

Cette demande vise à permettre le redémarrage du réacteur 2 de Paluel (palier 1300 MWe) avec quatre grappes sources secondaires (GSS¹) actives. Comme les GSS de ce réacteur n'ont été soumises à aucun flux neutronique depuis une période importante, elles sont considérées comme inactives. EDF souhaite en conséquence prélever deux GSS actives sur deux réacteurs « cédants » (réacteurs n°1 de Nogent et n°2 de Belleville), dont chacun des redémarrages sera donc réalisé au moyen de deux GSS actives et de deux GSS neuves, au lieu de quatre GSS actives tel que réalisé habituellement.

En particulier, l'ASN souhaiterait connaître l'avis de l'IRSN sur les questions suivantes :

- la modification permet-elle de détecter correctement une variation de réactivité pouvant conduire à un risque de criticité dans les états d'arrêt pour rechargement (APR), d'arrêt pour intervention (API), d'arrêt normal sur refroidissement réacteur à l'arrêt (AN/RRA), d'arrêt normal sur générateur de vapeur (AN/GV) ?

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

¹ Sur le palier 1300 MWe, la surveillance neutronique du cœur requiert l'utilisation de GSS actives afin de rendre les chaînes neutroniques niveau source disponibles en assurant un taux de comptage minimal dès le début du rechargement puis dans tous les états d'arrêt sous-critiques et jusqu'à la divergence. Les GSS comportent chacune quatre crayons sources secondaires à l'Antimoine 123 et au Béryllium 9. Durant le fonctionnement en puissance, l'activation de l'Antimoine 123 sous flux neutronique entraîne la formation d'Antimoine 124, émetteur γ . Les neutrons « sources » sont obtenus par réaction (γ, n) sur le Béryllium 9. Ils donnent ensuite naissance à des neutrons de fission dans les crayons des assemblages porteurs de GSS.

- les mesures compensatoires associées aux modifications temporaires des RGE prévues par EDF sont-elles suffisantes pour assurer le respect de la démonstration de sûreté dans toutes les configurations rencontrées ?
- la modification demandée ne conduit-elle pas à une augmentation notable du risque d'erreur de manutention d'assemblages de combustible ?
- les modifications temporaires des chapitres III, IX et X des RGE des réacteurs redémarrant avec deux GSS actives et deux GSS neuves sont-elles acceptables vis-à-vis de la sûreté ?
- la modification temporaire du chapitre III des RGE pour la réalisation des essais de mesures des taux de comptage d'une chaîne niveau source est-elle acceptable vis-à-vis de la sûreté ?

Contexte

Suite à un incident de manutention lors du remplacement d'un des générateurs de vapeur (GV) du réacteur n° 2 de Paluel au cours de son 22^{ème} arrêt pour rechargement, celui-ci est à l'arrêt depuis le 16 mai 2015. Son redémarrage après le passage en troisième visite décennale (VD3) et le remplacement des GV est prévu à ce jour au cours du premier trimestre 2018.

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 du cœur au moyen des chaînes niveau source (CNS²) du système de mesure de la puissance nucléaire (RPN). La protection est assurée par l'arrêt automatique du réacteur (AAR) par « haut flux CNS » lors d'accidents de dilution de la concentration en bore du réfrigérant primaire ou de retrait de groupes à puissance nulle, dans les états AN/RRA, AN/GV et réacteur en production (RP) jusqu'à la mise hors tension des CNS. La surveillance relative à la détection d'une erreur de rechargement lors des manipulations d'assemblages de combustible ou d'une dilution du réfrigérant primaire dans les états APR et API est assurée au moyen d'une alarme.

La disponibilité des CNS est vérifiée si leur taux de comptage est supérieur au bruit de fond lorsque l'on positionne une source de neutrons dans leur voisinage. Cette vérification est effectuée au cours des 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 (active).

Les GSS ne sont pas spontanément émettrices de neutrons : une activation sous flux est nécessaire avant leur utilisation en tant que source neutronique. Par ailleurs, les GSS se désactivent dès lors qu'elles ne sont plus sous flux neutronique.

Suite à l'arrêt de Paluel 2 d'une durée supérieure à deux ans, les GSS de ce réacteur ne sont plus suffisamment actives pour permettre la vérification de la disponibilité des CNS. Par ailleurs, la durée de l'arrêt du réacteur 2 de Paluel conduit également à une diminution notable de la puissance résiduelle des assemblages rechargés. Cette baisse de la puissance résiduelle contribue également à une diminution du niveau de flux neutronique reçu par les CNS.

Cette situation conduit EDF à vouloir redémarrer ce réacteur avec quatre GSS actives. Ces quatre GSS seront prélevées sur deux autres réacteurs 1300 MWe. Compte tenu du planning de redémarrage actuel (redémarrage de Paluel 2 au premier trimestre 2018), deux GSS actives seront prélevées d'une part sur le réacteur 1 de Nogent, d'autre part sur le réacteur 2 de Belleville. Ainsi, le réacteur 2 de Paluel pourra redémarrer conformément aux

² Les CNS sont des capteurs proportionnels à dépôt de bore. Sur le palier 1300 MWe, elles sont au nombre de quatre. Elles sont placées au contact extérieur de la cuve, aux bouts des médianes du cœur.

règles générales d'exploitation (RGE) puisque la présence de quatre GSS actives permettra de vérifier en permanence la disponibilité des quatre CNS, et le cas échéant de respecter la conduite à tenir en cas d'indisponibilité d'une ou de plusieurs CNS. En revanche, une telle surveillance ne sera pas possible pour les réacteurs 1 de Nogent et 2 de Belleville qui ne redémarreront donc qu'avec deux GSS actives et deux GSS neuves (donc non émettrices de neutrons). Le redémarrage de ces deux réacteurs ne pourra donc pas être réalisé conformément aux RGE, puisque les GSS neuves ne permettent pas de vérifier la disponibilité des deux CNS situées en regard. Ce sont donc ces deux réacteurs qui font l'objet du dossier d'EDF et de cette instruction.

En préalable à ces redémarrages, EDF souhaite également effectuer des mesures de flux neutronique en fin de déchargement au moyen d'une CNS dans des configurations particulières de positionnement d'assemblages de combustible sur une tranche du palier 1300 MWe. Ces mesures permettront de disposer d'une référence expérimentale permettant de valider les modèles de calcul pour l'évaluation des signaux CNS lorsque leurs taux de comptage sont faibles. Compte tenu du planning actuel, ces mesures sont prévues sur le réacteur 4 de Paluel ou le réacteur 1 de Nogent.

Fonctionnement avec deux GSS actives et deux GSS neuves

Un redémarrage avec deux GSS actives et deux GSS neuves conduit à devoir gérer les conséquences de deux phénomènes :

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

Ces phénomènes ont un impact direct sur :

- le contrôle du bon fonctionnement des CNS ;
- le réglage du seuil de l'alarme relative à la surveillance neutronique dans les états d'arrêt.

Ces deux effets disparaissent au voisinage de la criticité car le flux neutronique dans le cœur s'établit suivant le « mode fondamental » et ne subit plus l'influence des sources.

Cette situation conduit EDF à demander à l'ASN l'autorisation de modifier :

- le chapitre III des RGE pour la réalisation d'un essai en fin de déchargement du combustible sur le réacteur 4 de Paluel ou le réacteur 1 de Nogent (demande de modification temporaire n°4) ;
- les chapitres III (demandes de modification temporaire n°1, 2 et 7), IX (demandes de modification temporaire n°3 et 6) et X (demandes de modification temporaire n°2 et 5) des RGE en prévision d'un redémarrage après rechargement du combustible des réacteurs 1 de Nogent et 2 de Belleville avec deux GSS actives et deux GSS neuves.

Modification temporaire n° 4

Cette modification temporaire concerne la réalisation d'essais de référence en fin de déchargement visant à fournir des relevés de taux de comptage d'une CNS dans différentes configurations d'assemblages de combustible en préalable au redémarrage des deux réacteurs donneurs de GSS (Nogent 1 et Belleville 2). Les configurations envisagées comportent un ou trois assemblages de combustible, dont l'un est porteur d'une GSS active, positionné(s) au voisinage d'une CNS. La réactivité sera ainsi réduite en raison de l'épuisement du combustible au cours de la campagne.

La présence d'une seule GSS dans le cœur ne permet de vérifier, selon la configuration considérée, la disponibilité que d'une seule, voire deux CNS. A noter que lors des situations transitoires de déplacement de l'assemblage de

combustible porteur de l'unique GSS présente dans le cœur, aucune vérification de disponibilité de CNS n'est possible. Le réacteur étant dans l'état APR, cette situation n'est pas conforme au chapitre III des RGE.

L'analyse d'EDF montre qu'en cas d'accident de dilution de la concentration en bore du réfrigérant primaire, le risque de criticité n'existe que pour une seule des configurations envisagées. Cependant, pour cette configuration, le délai de retour à la sous-criticité retenue pour la démonstration de non-criticité dans les domaines d'exploitation où la cuve est ouverte serait de quatre heures après apparition de l'alarme du boremètre du système d'échantillonnage nucléaire (REN).

Compte tenu de la disponibilité de la mesure en continu de la concentration en bore du réfrigérant primaire (boremètre), de la périodicité des mesures manuelles de concentration en bore (CB) en cas d'indisponibilité du boremètre ou son alarme associée, et des mesures compensatoires prévues par EDF telles que la possibilité de retirer rapidement l'assemblage porteur de la GSS active, l'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 4.

Modification temporaire n° 1

Cette modification temporaire concerne le mouvement de quelques assemblages de combustible dans la cuve après leur chargement. Ces mouvements sont contraires aux exigences déclinées dans le « Référentiel Criticité » 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.

Compte tenu du faible nombre de mouvements, des déplacements envisagés et de la vérification de la conformité du plan de rechargement à l'issue du rechargement du combustible, 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. Durant ces phases, une seule GSS active est présente à l'intérieur du 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 n'est pas conforme aux chapitres III et X des RGE. L'écart aux STE est identique à celui spécifié pour la modification temporaire n° 4 ; l'écart au chapitre X concerne la disponibilité de l'alarme « flux élevé à l'arrêt ».

Compte tenu de la vérification de la disponibilité du boremètre 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, 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 API, AN/RRA, AN/GV et RP jusqu'à l'atteinte du permissif P6³, 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.

³ P6 est un permissif généralement atteint juste après la divergence. Il permet de mettre hors tension les CNS.

Dans l'hypothèse où le positionnement des GSS actives et neuves ne serait pas symétrique par rapport aux CNS, le critère relatif à cet essai ne sera pas vérifié. Cette situation se prolongera, selon EDF, pendant au moins la première partie de la campagne dans les états concernés. Elle est à l'origine de la demande de modification temporaire du chapitre IX des RGE dont l'objectif est d'assouplir le critère relatif à cet essai.

Compte tenu que le non-respect du critère est la conséquence normale d'un phénomène dont l'origine est clairement identifiée, qu'EDF procèdera à la réalisation de l'essai d'inter-comparaison des mesures pour toutes les CNS positionnées en regard des GSS actives, et que la logique de l'alarme « flux élevé à l'arrêt » sera renforcée⁴ jusqu'à ce que les GSS neuves soient activées (le réglage du seuil de l'alarme étant établi à partir des signaux des CNS situées en regard des GSS actives), l'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 3.

Modification temporaire n° 5

Cette modification temporaire concerne l'hypothèse du remplacement d'une ou de deux CNS au cours de l'arrêt pour rechargement du combustible. L'hypothèse de la présence d'une ou deux CNS neuve(s) devant une GSS neuve ne peut pas être exclue.

Or, certains essais requis au titre de la qualification d'une CNS neuve nécessitent un niveau de flux neutronique minimum. Compte tenu du flux neutronique faible mesuré sur les CNS en regard d'une GSS neuve, la réalisation de ces essais dans ces conditions n'est pas possible. Cette situation conduit EDF à demander une modification temporaire du chapitre X des RGE dont l'objectif est de repousser la réalisation de ces essais à la fin de l'arrêt.

Compte tenu du faible décalage de ces essais dans le programme de démarrage, du retour d'expérience d'EDF lors des remplacements de CNS et des dispositions définies par le fournisseur pour le réglage des CNS, du renforcement de la logique de l'AAR « haut flux CNS » et d'un point d'arrêt attestant la conformité de ces essais, l'IRSN n'a pas de remarque concernant la modification temporaire n° 5.

Dans l'hypothèse où une CNS neuve serait positionnée en regard de GSS actives, les essais de qualifications pourraient être réalisés conformément au chapitre X des RGE. Dans une telle situation, la sûreté du réacteur lors de son redémarrage ne serait pas remise en cause pour les raisons suivantes :

- en APR et en API, la première ligne de défense pour contrôler la réactivité du cœur est la surveillance de la valeur de la concentration en bore par le boremètre REN (voir modifications temporaires n° 4 et 2) ;
- en AN/RRA et en AN/GV, la présence des GSS actives ou neuves devant les CNS qualifiées ou neuves n'a pas d'impact sur la disponibilité de l'AAR « haut flux CNS ».

Modification temporaire n° 6

Si le taux de comptage d'une CNS positionnée en regard des GSS neuves est inférieur à un seuil réglable, alors cette CNS est considérée en défaut matériel. Si une telle situation se produit simultanément sur les deux CNS positionnées en regard des deux GSS neuves, ce qui risque de se produire en AN/RRA, alors l'AAR par « haut flux CNS » se déclenche de façon intempestive.

Cela conduit EDF à demander 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 neuves soient activées, ou au plus tard jusqu'à l'arrêt pour rechargement suivant.

⁴ Dans les états considérés (API, AN/RRA, AN/GV et RP avant passage du permissif P6), l'alarme « flux élevée à l'arrêt » 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.

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.

Modification temporaire n° 7

Malgré la baisse du seuil évoqué pour la modification temporaire n° 6, il n'est pas possible d'exclure en état AN/RRA le déclenchement de l'AAR intempestif par « haut flux CNS » en raison des faibles taux de comptage des deux CNS en regard des GSS neuves. Pour cette raison, EDF estime nécessaire de mettre en place un dispositif et moyen provisoire (DMP) inhibant le renforcement de la logique de protection par « haut flux CNS » durant cette phase d'exploitation, ce qui permet d'éviter le déclenchement de l'AAR intempestif.

La mise en place de ce DMP conduit à dégrader la surveillance de la disponibilité de la CNS concernée, et indirectement à dégrader la protection du cœur. Lorsque le réacteur est dans l'état AN/RRA, cette situation n'est pas conforme aux STE. Cela conduit EDF à demander une modification temporaire du chapitre III des RGE dont l'objectif est la pose de ce DMP.

Ce DMP n'impacte en aucune façon l'élaboration du seuil d'AAR par « haut flux CNS ». Sa logique de déclenchement n'est également pas affectée tant que le taux de comptage de la CNS concernée est supérieur au seuil faisant l'objet de la modification temporaire n° 6. Cette logique de déclenchement est cependant affaiblie dans le cas contraire.

Cependant, la mise en place prévue par EDF d'un dispositif améliorant la surveillance de la disponibilité de cette CNS et d'une consigne décrivant l'organisation à adopter si elle génère l'alarme défaut matériel conduit l'IRSN à ne pas avoir de remarque concernant la modification temporaire n° 7. De plus à l'issue de l'instruction, EDF s'engage à prendre en compte une mesure compensatoire complémentaire consistant à abaisser le seuil d'arrêt automatique du réacteur par « haut flux CNI⁵ » dans l'état d'AN/RRA tant que ce DMP est mis en place. Cette mesure compensatoire sera intégrée dans une révision de la fiche d'amendement à la règle des essais physiques à puissance nulle au redémarrage après rechargement, conformément à l'observation mentionnée en annexe.

Conclusion

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

- 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 (modifications temporaires n° 2 et 4) ;
- les mesures compensatoires proposées par EDF relatives à chaque modification temporaire paraissent suffisantes pour assurer le respect de la démonstration de sûreté ;
- l'augmentation du risque d'erreur de chargement paraît extrêmement faible (modification temporaire n° 1) ;
- les modifications temporaires relatives :
 - aux essais de mesures des taux de comptage des CNS ;
 - au redémarrage d'un réacteur avec deux GSS actives et deux GSS neuves ;

⁵ Les chaînes niveau intermédiaires (CNI) sont des chambres d'ionisation à dépôt de bore compensées aux gammas. Sur le palier 1300 MWe, elles sont au nombre de quatre. Elles sont placées au contact extérieur de la cuve, aux bouts des médianes du cœur (au-dessus des CNS)

sont acceptables vis-à-vis de la sûreté.

En conséquence, l'IRSN estime acceptable la demande de modification des RGE, telle que déclarée par EDF et complétée par son engagement mentionnée en observation, relative :

- à la réalisation d'essais de mesures des taux de comptage d'une CNS lors du déchargement du réacteur 4 de Paluel ou du réacteur 1 de Nogent ;
- aux redémarrages des réacteurs 1 de Nogent et 2 de Belleville avec deux grappes sources secondaires actives et deux grappes sources secondaires neuves.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au directeur de la sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2017-00276 du 31 août 2017

Observation

EDF s'engage à prendre en compte une mesure compensatoire consistant à abaisser le seuil d'arrêt automatique du réacteur par « haut flux CNI » dans l'état d'arrêt normal sur le système de refroidissement du réacteur à l'arrêt lors d'un redémarrage avec deux GSS actives et deux GSS neuves tant qu'un dispositif et moyen provisoire inhibant la mise en position sûre automatique de l'une des deux CNS à faible taux de comptage est mis en place. Cette mesure compensatoire sera intégrée dans une révision de la fiche d'amendement à la règle des essais physiques à puissance nulle au redémarrage après rechargement.