

Fontenay-aux-Roses, le 5 janvier 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00002

Objet : REP EDF -Palier 1300 MWe - VD3 1300 lot B. Résorption de l'écart sur les études des transitoires de chute de grappe(s) et optimisation du réglage du seuil RFTCs.

Réf. Lettre ASN CODEP-LYO-2017-045753 du 13 décembre 2017. .

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité au plan de la sûreté de la modification déclarée par EDF dans le but de résorber l'anomalie « transitoires lents » concernant l'étude des transitoires de chute de grappe(s), et d'optimiser le réglage d'un seuil de la chaîne de protection contre la crise d'ébullition au cours des 3000 premiers MWj/t des cycles de la gestion de combustible GEMMES en vigueur sur les réacteurs de 1300 MWe.

En effet, certains transitoires de chute de grappe étudiés en tant que condition de fonctionnement de référence de deuxième catégorie sont détectés par le système de protection du réacteur, qui déclenchera alors l'arrêt automatique du réacteur (AAR) mettant fin au transitoire. Cependant, d'autres transitoires ne peuvent pas être détectés par le système de protection. La détection des chutes de grappe(s) dans les réacteurs de 1300 MWe par le système de protection repose notamment sur la mesure du taux de variation en fonction du temps du flux neutronique dans le cœur, mesure effectuée par quatre chaînes indépendantes.

L'analyse des transitoires de chute de grappe(s) non détectés a conduit à classer ceux-ci en deux catégories :

- les transitoires de type rapide, caractérisés par un pic de puissance atteint dans les 30 premières secondes après le début du transitoire ;
- les transitoires de type lent, caractérisés par un pic de puissance atteint au-delà des 50 premières secondes après le début du transitoire.

Cette nouvelle approche a permis à EDF de constater que les hypothèses retenues dans l'étude de cette condition de fonctionnement de deuxième catégorie n'étaient pas toujours

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

conservatives, et donc que l'absence de risque d'endommagement des crayons combustible n'était pas systématiquement démontrée.

Par ailleurs, le rapport de flux thermique critique (RFTC) est le ratio entre le flux thermique à la gaine des crayons combustible pendant le transitoire et le flux thermique qui conduirait à l'apparition de la crise d'ébullition et donc à l'endommagement des gaines. Lorsque le RFTC minimal dans le cœur du réacteur est élevé (supérieur au seuil RFTCs), l'AAR est déclenché seulement si deux au moins des quatre mesures du taux de variation du flux neutronique dépassent un certain seuil. Par contre, lorsque le RFTC minimal dans le cœur du réacteur est plus bas (inférieur au seuil RFTCs), l'AAR est déclenché dès lors qu'une seule des quatre mesures du taux de variation du flux neutronique dépasse un certain seuil, ce qui présente le risque d'un déclenchement intempestif de l'AAR. Or, pour démontrer l'absence de risque de rupture de gaine par Interaction entre la pastille et la gaine¹ (ou IPG) en début de campagne (jusqu'à une irradiation de 3000 MWj/t) en gestion de combustible GEMMES, EDF avait du relever ce seuil. EDF prévoit maintenant, dans le cadre de la modification en objet, de le réduire.

Ainsi, afin de résorber l'anomalie d'étude et de réduire le seuil RFTCs en début de cycle, EDF prévoit une modification en trois volets :

- un volet « matériel » qui consiste en une modification matérielle du régulateur de la pression du circuit primaire. Elle a pour objectif, en cas de chute de grappe non détectée par le système de protection, d'éviter la mise en service anticipée de l'aspersion au pressuriseur qui empêche la pression de remonter à la valeur nominale de 155 bar, accroissant ainsi le risque de crise d'ébullition ;
- un volet « étude » qui consiste en une reprise de l'étude des transitoires de chute de grappe(s) en modélisant la modification matérielle concernant le régulateur de la pression primaire (voir point précédent). Dans le cadre de cette reprise d'étude, les transitoires de chute de grappe(s) sont classés en « transitoires rapides » et « transitoires lents » ;
- un volet « réglage » qui vient compléter la modification. Il vise à optimiser le réglage du seuil RFTCs de la chaîne de protection contre la crise d'ébullition :
 - en début de cycle, notamment pour limiter le nombre d'AAR intempestifs ;
 - avec l'avancement dans le cycle, les chutes de grappe(s) non détectées étant nettement moins pénalisantes en deuxième moitié de cycle que pendant la première partie du cycle compte tenu des propriétés neutroniques du cœur.

Volet matériel

L'IRSN n'a pas de remarque sur le principe de la modification consistant à éviter la mise en service anticipée de l'aspersion du pressuriseur. Les résultats des essais de requalification de cette modification permettent de constater que :

- pour le palier P'4, la modification permet de retarder comme attendu la sortie du limiteur à l'atteinte du seuil de saturation basse de la pression primaire ;
- pour le palier P4, le comportement de la régulation PI^2 modélisée dans les codes chaudière correspond rigoureusement aux résultats d'essais matériels en laboratoire.

Selon l'IRSN, les résultats de ces essais élémentaires de la régulation de la pression primaire sont favorables mais mériteraient néanmoins être complétés. Cela conduit à l'observation n° 1 en annexe.

¹ L'interaction entre la pastille et la gaine est un risque de rupture de gaine intervenant dans les transitoires de puissance de catégorie 2, dû à la dilatation plus forte de la pastille que de la gaine

² proportionnelle - intégrale

Jusqu'à la vérification du bon comportement de l'ensemble de la chaîne de régulation de la pression primaire lors de la mise en oeuvre de la modification, les vannes d'aspersion du pressuriseur ne sont pas considérées disponibles pour leur manœuvrabilité en automatique, alors qu'elles sont requises dans les domaines d'exploitation arrêt normal sur refroidissement réacteur à l'arrêt (AN/RRA), circuit primaire diphasique, et en arrêt normal sur générateurs de vapeur (AN/GV). Compte tenu des mesures compensatoires prévues par EDF assurant la disponibilité des lignes d'aspersion normales en manuel, des soupapes du pressuriseur, et de l'aspersion auxiliaire du pressuriseur en cas de fortuit sur l'aspersion normale, l'IRSN estime acceptable la modification temporaire des spécifications techniques d'exploitation relative à l'indisponibilité des vannes d'aspersion du pressuriseur.

L'IRSN n'a pas de remarque concernant l'argumentation d'EDF sur l'absence d'impact ou sur l'impact non significatif de la modification de la modélisation de l'aspersion du pressuriseur sur les études autres que celle concernant les transitoires de chute de grappe(s).

Volet étude

L'IRSN n'a pas de remarque concernant les hypothèses qui ont été modifiées par rapport à celles de l'étude précédente des transitoires de chute de grappe(s), selon que le transitoire considéré soit de type rapide ou lent.

Pour ce qui concerne les nouvelles hypothèses :

- l'IRSN n'a pas de remarque concernant la prise en compte et la modélisation de la diminution du débit vapeur à la turbine consécutive à la chute de grappe, diminution qui intervient après la pleine ouverture des vannes d'admission turbine ;
- pour ce qui concerne l'impact de la diminution du débit vapeur sur la température de l'eau alimentaire des générateurs de vapeur (ARE), l'IRSN considère que les éléments apportés par EDF permettent de justifier la modélisation retenue, sans considérer cependant d'incertitude sur cette modélisation. Cela conduit à l'observation n° 2.

Pour ce qui concerne la vérification de la conformité des recharges de combustible aux études génériques, les ajouts concernant le coefficient de densité modérateur³ (CDM) et les valeurs des seuils relatifs à la chaîne de protection contre la crise d'ébullition, adaptés à la recharge considérée compte tenu de la valeur de son CDM, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN. Pour autant, l'IRSN estime qu'EDF devrait s'assurer que l'impact défavorable de l'augmentation de l'efficacité du groupe R considérée en fin de cycle est bien compensé, comme attendu, par le gain de marge obtenu par l'évolution naturelle du CDM avec l'épuisement du combustible, ce qui conduit l'IRSN à émettre l'observation n° 3.

La régulation de la température moyenne primaire est également prise en compte dans l'étude relative aux transitoires de chute de grappe(s). Les résultats d'essais relatifs à des transitoires impliquant la régulation de la température moyenne primaire dont l'objectif vise à s'assurer que, suite à une perturbation sur la température moyenne primaire, l'action de la régulation est correcte, ne sont pas présentés dans le dossier de validation de la modélisation de cette régulation dans les logiciels simulant le comportement de la chaudière. Cela conduit l'IRSN à émettre l'observation n° 4. Par ailleurs, des résultats d'essais de variation de puissance neutronique sollicitant fortement la régulation de la température moyenne primaire ont été réalisés dans le cadre du premier démarrage des réacteurs. Toutefois, aucune simulation de ces essais n'est présentée dans le dossier de validation de la modélisation de cette régulation dans les logiciels simulant le comportement de la chaudière. Cela conduit l'IRSN à émettre l'observation n° 5.

³ Le coefficient de densité modérateur est un paramètre neutronique représentatif de la variation de réactivité du cœur en fonction de la densité du modérateur.

Volet réglage

Les études relatives à l'assouplissement des spécifications techniques d'exploitation relatives à l'IPG en gestion de combustible GEMMES ont conduit EDF, pour s'assurer de l'absence de risque de rupture de gaine par IPG dans certains cas de chute de grappes non détectés, à porter le seuil RFTCs de la chaîne de protection contre la crise d'ébullition à une valeur élevée pendant les 3000 premiers MWj/t des cycles du combustible GEMMES. L'IRSN considère que l'application de la méthode IPG renouvelée (MIR), déjà mise en œuvre pour de nombreuses autres gestions de combustible, et permettant de démontrer la possibilité de relaxation du seuil RFTCs, est acceptable. L'IRSN n'a en conséquence pas de remarque concernant la relaxation du seuil RFTCs pendant les 3000 premiers MWj/t des cycles GEMMES.

Pour ce qui concerne l'optimisation du réglage de ce seuil au cours du cycle, l'IRSN n'a pas de remarque.

Conclusion

Compte tenu des analyses de sûreté d'EDF et des mesures compensatoires proposées, l'IRSN considère acceptable la modification relative à la modification de la régulation de la pression du pressuriseur, la prise en compte de l'anomalie « transitoire lent » dans l'étude des transitoires de chute de grappe(s) et l'optimisation du seuil RFTCs au cours des cycles GEMMES.

L'IRSN estime néanmoins souhaitable que l'exploitant complète les justifications associées à ce dossier de modifications, ce qui fait l'objet des observations en annexe.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Ajoint au Directeur de l'Expertise de Sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2018-00002 du 5 janvier 2018

Observations

Observation n° 1 :

L'IRSN estime que les essais élémentaires de requalification de la régulation de la pression primaire devraient d'être complétés :

- pour le palier P4, par la présentation d'un résultat d'essai permettant de vérifier que la sortie du limiteur est retardée comme attendu à l'atteinte du seuil de saturation basse de la pression primaire ;
- pour le palier P'4, par une vérification du comportement de la régulation PI modélisée dans les codes modélisant la chaudière par rapport aux résultats d'essais matériels en laboratoire.

Observation n° 2 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait quantifier l'impact de l'incertitude de la relation utilisée pour la détermination de la température de l'eau alimentaire des générateurs de vapeur à partir du débit vapeur effectif à la turbine sur la variation relative du rapport de flux thermique critique et de puissance linéique.

Observation n° 3 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait s'assurer que la valeur limite maximale de l'efficacité différentielle du groupe R de 17 pcm/pas vérifiée en fin de cycle dans les études de recharge, n'est pas de nature à mettre en cause le caractère enveloppe de l'effet thermohydraulique pour les « transitoires rapides » de chute de grappe(s).

Observation n° 4 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait compléter la validation de la modélisation de la régulation de la température moyenne primaire en tenant compte des résultats des essais réalisés au démarrage des réacteurs de 1300 MWe relatifs à la régulation de la température moyenne primaire.

Observation n° 5 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait compléter la validation de la modélisation de la régulation de la température moyenne primaire en tenant compte des résultats des essais réalisés au démarrage des réacteurs de 1300 MWe relatifs à des variations de charge de $\pm 10\%$ de la puissance neutronique en échelon et à des rampes en puissance de $\pm 5\%$ Pn/min.