



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-Aux-Roses, le 16 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00133

Objet : EDF – REP – Réexamen périodique VD2 N4 – Instruction des réponses d'EDF aux demandes de l'ASN formulées dans le cadre du dossier d'amendement du chapitre X des RGE.

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2021-003068 du 15 janvier 2021.
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-009606 du 27 février 2019.
[3] Lettre ASN – Dép-DCN-0331-2008 du 9 juillet 2008.

Conformément à la demande formulée par 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, des réponses transmises par EDF aux demandes de l'ASN relatives au chapitre X des règles générales d'exploitation (RGE)¹, formulées dans le courrier en référence [2], dans le cadre de l'instruction des modifications issues du dossier d'amendement (DA) lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4 (VD2 N4).

1. CONTEXTE

Conformément à la saisine en référence [1], l'expertise menée par l'IRSN porte sur l'acceptabilité des réponses apportées par EDF :

- à la demande A1.11 relative au calibrage des températures utilisées par l'unité de surveillance (US) et le système de protection du cœur (SPIN) ;
- à la demande A1.12 relative à la cohérence entre les algorithmes de calcul du rapport de flux thermique critique (RFTC) utilisés dans les études de sûreté et ceux implémentés sur site ;
- à la demande A1.13 relative au calibrage de la puissance thermique évaluée par l'unité de surveillance ;
- aux demandes A1.14 à A1.16 relatives à la qualification des chaînes de calcul neutronique pour la gestion de combustible ALCADÉ.

¹ Le chapitre X des RGE définit les programmes d'essais physiques du cœur à mettre en œuvre au redémarrage après rechargement du combustible, ainsi qu'en cours de cycle.

MEMBRE DE
ETSON

2. CALIBRAGE DES TEMPERATURES UTILISEES PAR L'US ET LE SPIN

Le bouchage dissymétrique de tubes de générateur de vapeur induit une dispersion des températures en branche froide et en branche chaude. Le calibrage des températures utilisées par l'US et le SPIN vise à réduire le retard du déclenchement des signaux de surveillance et de protection par « bas RFTC² » en présence d'une dissymétrie de bouchage de tubes de générateur de vapeur. Ce calibrage repose sur l'ajout de constantes additives appliquées aux températures en branche froide et en branche chaude.

Par le courrier en référence [2], l'ASN avait demandé à EDF de justifier le caractère suffisant du calibrage retenu (demande A1.11). Au cours de l'expertise, EDF a apporté des éléments quantitatifs permettant de s'assurer du conservatisme de la démarche retenue pour réaliser le calibrage des mesures de température en fonctionnement normal, ainsi que des arguments qualitatifs pour les situations incidentelles et accidentelles, que l'IRSN a jugés satisfaisants. **Ainsi, l'IRSN estime suffisante la modification du calibrage des températures utilisées par l'US et le SPIN introduite dans le cadre du DA lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4 et considère soldée la demande A1.11 de l'ASN.**

3. COHERENCE DES ALGORITHMES DE CALCUL DU RFTC UTILISES DANS LES ETUDES DE SURETE ET SUR SITE

Dans le cadre de l'instruction du DA lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, EDF avait indiqué que les algorithmes de calcul du rapport de flux thermique critique (RFTC) utilisés dans les études de sûreté sont cohérents avec ceux implémentés sur site.

Par le courrier en référence [2], l'ASN avait toutefois demandé à EDF de transmettre les éléments de validation permettant de démontrer cette cohérence (demande A1.12).

La démarche adoptée par EDF, afin de répondre à la demande de l'ASN, repose sur la réalisation de différents tests de vérification (tests unitaires, tests de non-régression et tests de vérification fonctionnelle). Cette vérification vise, notamment, à valider l'implantation, dans l'outil de calcul, de la corrélation de flux critique retenue et la cohérence des algorithmes du calcul du RFTC utilisés dans les études de sûreté et de ceux implémentés sur le site.

L'IRSN n'a pas de remarque sur la démarche mise en œuvre par EDF et estime satisfaisants les résultats de cette vérification. **En conséquence, l'IRSN estime soldée la demande A1.12 de l'ASN.**

4. CALIBRAGE DE LA PUISSANCE THERMIQUE PRIMAIRE EVALUEE PAR L'US

Des mesures de température dans les branches chaudes du circuit primaire sont réalisées au moyen de trois sondes disposées à 120 ° l'une de l'autre dans une section de la branche chaude. À partir de ces mesures, la puissance thermique primaire du cœur est calculée par l'US et le SPIN. Cette puissance thermique est calibrée³

² Le rapport de flux critique (RFTC) permet de mesurer la marge à la crise d'ébullition de l'eau traversant le cœur du réacteur. Lorsque le flux de chaleur à la surface des crayons de combustible devient excessif, l'ébullition locale devient si intense qu'une gaine de vapeur isolante se forme autour de la surface chauffante, gaine de vapeur que la turbulence du débit réfrigérant ne parvient plus à dissiper.

³ Périodiquement, la cohérence entre la puissance thermique primaire et la puissance thermique secondaire est vérifiée. Lorsque l'écart entre les deux puissances dépasse un certain critère, un coefficient de calibrage est appliqué à la puissance thermique primaire.

périodiquement via l'application d'un coefficient sur la puissance thermique primaire pour que cette puissance calculée soit cohérente avec la puissance thermique secondaire.

Afin de tenir compte de tous les états de validité des sondes de température en branche chaude, EDF a introduit, dans le cadre du DA lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier, une pénalité dans la formule permettant de calculer le coefficient de calibrage de la puissance thermique primaire.

L'instruction ayant montré que la pénalité appliquée ne permettait pas de garantir le conservatisme de la puissance thermique évaluée par l'US pour certaines situations⁴, l'ASN a, par le courrier en référence [2], demandé à EDF d'apporter des éléments de démonstration complémentaires pour ces situations (demande A1.13).

En réponse à cette demande de l'ASN, EDF prévoit de retenir une nouvelle valeur de pénalité à appliquer à la mesure de température permettant de couvrir ces situations. **Cette nouvelle pénalité ayant été dimensionnée à partir d'une méthode déjà validée par l'IRSN, l'IRSN estime soldée la demande A1.13.**

5. QUALIFICATION DES CHAINES DE CALCUL NEUTRONIQUE

5.1. IMPACT DE LA GESTION DE COMBUSTIBLE ALCADE

La validation des chaînes de calcul neutronique s'appuie sur l'interprétation de mesures réalisées lors des essais physiques sur les cœurs exploités par EDF. Elle vise notamment à définir les incertitudes de conception retenues pour les études de sûreté et pour l'évaluation de la sûreté des recharges de combustible. Ces incertitudes sont considérées génériques, à savoir indépendantes du palier et de la gestion de combustible.

Lors de la mise en œuvre d'une nouvelle gestion de combustible (comme ALCADE sur les réacteurs du palier N4 depuis 2007), il est ainsi nécessaire de vérifier, *a posteriori*, l'applicabilité de ces incertitudes après avoir acquis suffisamment de mesures sur les cœurs exploités avec cette nouvelle gestion.

Or, par le courrier en référence [3], l'ASN a autorisé EDF à supprimer du chapitre X des RGE certains essais⁵, pour certaines configurations du cœur et pour l'ensemble des réacteurs du parc, tout en soulignant la nécessité de disposer d'un retour d'expérience de mesures significatif permettant de garantir dans le temps le maintien de la validation des chaînes de calcul mises en œuvre dans les études de sûreté et les calculs des recharges de combustible des gestions actuelles et futures.

Lors de l'expertise du DA lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, l'IRSN a considéré qu'EDF avait supprimé prématurément ces essais pour la gestion de combustible ALCADE, ce qui a conduit l'ASN à demander à EDF, par le courrier en référence [2], de justifier la validation des incertitudes de conception associées à l'évaluation de certains paramètres physiques⁶ pour la gestion de combustible ALCADE (demande A1.14).

En réponse à cette demande de l'ASN, EDF a présenté une analyse statistique valorisant les similarités entre les gestions de combustible GEMMES⁷ et ALCADE afin d'accroître la dimension de l'échantillon des mesures. En particulier, le regroupement des mesures vise à augmenter le niveau de confiance sur la consolidation des incertitudes associées aux paramètres physiques concernés. Cette analyse statistique montre que les incertitudes sont respectées pour la majorité des paramètres physiques. Pour les paramètres pour lesquels des dépassements sont observés, ces derniers restent limités et ne concernent que la chaîne de calcul utilisée pour

⁴ Les situations visées correspondent à des cas de calibrage thermique en présence d'une sonde invalide et d'un retour en validité de celle-ci suivi par une invalidité d'une nouvelle sonde d'une autre boucle valide lors du calibrage.

⁵ Il s'agit des essais physiques en configuration de grappes R/D insérées.

⁶ Il s'agit de la concentration en bore critique, du coefficient isotherme de température et de l'efficacité différentielle du bore.

⁷ Il s'agit de la gestion de combustible mise en œuvre sur les réacteurs de 1300 MWe.

l'évaluation de la sûreté des recharges de combustible. Ainsi, l'IRSN estime satisfaisants les éléments apportés par EDF concernant la chaîne de calcul neutronique utilisée pour la démonstration de sûreté en recharge. Concernant la chaîne de calcul utilisée pour la démonstration de sûreté générique, EDF a valorisé de nouveaux résultats d'essais physiques menés sur le centre nucléaire de production d'électricité de Chooz B, permettant à l'IRSN d'avoir la raisonnable assurance que les incertitudes de conception associées à l'évaluation des paramètres physiques susmentionnés par cette chaîne de calcul sont applicables à la gestion de combustible ALCADE. **En conséquence, l'IRSN estime soldée la demande A1.14 de l'ASN.**

5.2. PRINCIPES ET JUSTIFICATION DES COEFFICIENTS D'AJUSTEMENT DES CHAINES DE CALCUL NEUTRONIQUE

Les chaînes de calcul neutronique utilisées par EDF dans la démonstration de sûreté générique et dans la démonstration de sûreté en recharge intègrent des modèles physiques dont certains paramètres font l'objet d'ajustements pouvant varier en fonction des versions du logiciel, du palier de réacteurs ou de la gestion de combustible.

À l'issue de l'instruction du DA lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, l'ASN avait demandé à EDF, par le courrier en référence [2], de transmettre les principes et les justifications des coefficients d'ajustements (demande A1.15). Dans ce même courrier, l'ASN avait également demandé à EDF de déterminer l'impact de ces ajustements sur le caractère prédictif des chaînes de calcul neutronique et d'apporter la justification de la cohérence de ces ajustements pour l'ensemble des calculs de base de validation de chaque chaîne de calcul (demande A1.16).

Au cours de l'expertise, EDF a transmis les valeurs des paramètres d'ajustement, notamment pour la chaîne de calcul neutronique utilisée dans la démonstration de la sûreté en recharge pour les gestions de combustible GEMMES et ALCADE. Dans la mesure où les dossiers de validation des chaînes de calcul neutronique prennent en compte ces coefficients d'ajustement et qu'EDF prévoit de présenter et de justifier annuellement auprès de l'ASN les éventuelles évolutions des chaînes de calcul neutronique, **l'IRSN estime soldées, à ce jour, les demandes A1.15 et A1.16 de l'ASN.**

6. CONCLUSION

À l'issue de l'expertise, l'IRSN estime que les éléments apportés par EDF en réponse aux demandes de l'ASN relatives au chapitre X des RGE, formulées dans le cadre de l'instruction des modifications issues du dossier d'amendement lot A relatif au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, sont acceptables.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté