



Fontenay-aux-Roses, le 9 décembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00180

Objet : EDF – REP – Palier N4 – Écart de conformité n° 628 – Retrait des protections contre l'incendie au fort pouvoir colmatant pouvant remettre en cause la fonction de recirculation RIS/EAS.

Réf. : [1] Avis IRSN N° 2020-00050 du 30 mars 2020.
[2] Avis IRSN N° 2023-00098 du 28 juin 2023.
[3] Lettre ASN – CODEP-DCN-2024-008304 du 4 avril 2024.

1. CONTEXTE ET HISTORIQUE

Dans certaines situations accidentelles de brèche sur le circuit primaire (APRP¹), les systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion de l'enceinte (EAS) sont requis pour assurer respectivement le refroidissement des assemblages de combustible (AC) et l'évacuation de la chaleur de hors du bâtiment réacteur (BR). Dans la première phase de la situation accidentelle, ces systèmes aspirent l'eau borée présente dans la bêche du circuit de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines (bêche PTR). Sur l'atteinte d'un seuil de bas niveau dans cette bêche, ils basculent en mode dit « de recirculation », où ils aspirent l'eau, issue de la brèche ou provenant de l'aspersion enceinte, qui s'est écoulée dans les puisards situés au fond du BR pour la réinjecter dans le circuit primaire par le système RIS, ou au sommet du BR par le système EAS.

Dans ces situations accidentelles, des débris peuvent être générés par l'effet du jet issu de la brèche ou résulter des conditions d'ambiance accidentelle dans le BR (calorifuges, protections contre l'incendie, peinture...). Ces débris, qui constituent le « terme source débris amont » (TSD amont), peuvent être transportés, du fait des écoulements d'eau, jusqu'au fond du BR. Pour limiter l'impact de ces débris, les puisards du fond du BR sont équipés de filtres dont la conception doit permettre :

- de garantir une qualité de l'eau suffisante en aval des filtres pour assurer le bon fonctionnement des équipements des systèmes RIS et EAS, ainsi que le refroidissement des AC (absence ou limitation du colmatage des grilles des AC) ;

¹ APRP : accident de perte de réfrigérant primaire.

- d'éviter la perte par cavitation² des pompes RIS ou EAS, qui pourrait résulter d'un colmatage des filtres par les débris.

L'évaluation du risque de colmatage des filtres RIS/EAS et des grilles des AC³ fait l'objet, depuis de nombreuses années, d'études et de recherches tant chez EDF qu'à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). En particulier, dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, l'expertise menée par l'IRSN [1] a conduit EDF à faire évoluer le référentiel d'étude de la fonction de recirculation RIS/EAS (dit « cadre de référence ») et à mettre en œuvre des modifications matérielles visant à réduire le TSD amont sur les réacteurs du parc en exploitation.

De plus, dans le cadre de la mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), des essais ont mis en évidence le fort pouvoir colmatant d'une substance présente dans certaines protections contre l'incendie [2]. À la suite de ce constat, EDF a pris la décision de supprimer toute présence de cette substance dans les zones de destruction (ZOD⁴) des brèches primaires pour l'EPR FA3.

En ce qui concerne les réacteurs du palier N4, EDF a réalisé sur le réacteur n° 2 de Chooz B un inventaire qui a mis en évidence la présence dans le BR d'enrubannages de chemins de câbles électriques pouvant contenir cette substance. EDF a alors déclaré en novembre 2023 l'écart de conformité n° 628 et prévoit le retrait des enrubannages dans les ZOD des brèches primaires de gros diamètre, pour l'ensemble des réacteurs du palier N4.

Par sa lettre citée en référence [3], l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur :

- la méthode d'évaluation des zones de destruction autour des brèches considérées ;
- le spectre des brèches considérées sur le palier N4 (celui-ci étant plus restreint que sur le réacteur EPR FA3) ;
- la suffisance du retrait des enrubannages dans les zones de destruction évaluées ;
- la représentativité de l'estimation de la quantité de la substance au fort pouvoir colmatant et d'enrubannages présents dans les zones de destruction, celle-ci étant basée sur un modèle numérique du réacteur n° 2 de Chooz B ;
- la justification de l'absence d'impact, en situation d'incendie, de la suppression des enrubannages cheminant dans le BR.

L'IRSN présente ci-après les principales conclusions de l'expertise qu'il a menée pour répondre aux différents points susmentionnés.

2. MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ZOD AUTOUR DES BRÈCHES PRIMAIRES CONSIDÉRÉES

Pour l'évaluation des ZOD dans lesquelles seront retirées les protections contre l'incendie contenant la substance au fort pouvoir colmatant, EDF retient dix « brèches conventionnelles » sur le circuit primaire principal (CPP), en cohérence avec le cadre de référence des études de recirculation RIS et EAS actuellement en vigueur sur le parc en exploitation. Ces brèches correspondent aux ruptures guillotine des boucles primaires au niveau des soudures, ainsi qu'aux ruptures des piquages des lignes de plus gros diamètre connectées sur le CPP.

² La cavitation correspond à la formation puis à la condensation brutale de bulles de vapeur. Ce phénomène peut entraîner des dommages sur les équipements, en particulier sur les pompes (érosion des roues en contact avec le fluide, vibrations excessives...).

³ L'accumulation des débris au niveau d'un filtre ou d'une grille d'AC crée un « lit fibreux » qui peut conduire au colmatage du filtre ou de la grille par effet physique. Au sein de ce lit fibreux des réactions chimiques avec les espèces présentes dans l'eau de recirculation (bore, soude, ions métalliques, etc.) peuvent se produire et amplifier le phénomène de colmatage.

⁴ ZOD : la zone de destruction autour de la brèche est définie comme la zone dans laquelle le fluide s'échappant de la brèche a suffisamment d'énergie pour conduire à l'endommagement de matériaux.

Pour chacune des brèches affectant les tuyauteries primaires équipées de dispositifs anti-débattement⁵, EDF a calculé le champ de pression induit, lors de la rupture de la tuyauterie, et en a déduit que les matériaux composant les enrubannages situés à plus de 17 fois le diamètre interne (17D) de la tuyauterie ne pouvaient pas être détruits par le jet issu de la brèche. Ainsi, EDF considère que seuls les enrubannages présents dans la ZOD sphérique de rayon 17D⁶ méritent d'être retirés. Cependant, les réévaluations en cours dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs du palier N4 pourraient remettre en cause cette conclusion. EDF s'est engagé à analyser ce point à l'échéance de juin 2025 (cf. Engagement n° 1 présenté en Annexe 2), **ce qui est satisfaisant**.

Pour les autres brèches conventionnelles pour lesquelles les tuyauteries ne disposent pas de dispositif anti-débattement, EDF retient également une ZOD sphérique de rayon 17D, mais vérifie « au titre de la robustesse » l'absence d'enrubannage dans une ZOD de rayon 85D, le jet issu de la brèche pouvant jusqu'à cette distance avoir une pression suffisante pour dégrader les enrubannages. **Pour l'IRSN, cette vérification est nécessaire du fait de l'effet falaise sur le colmatage observé lors des essais EPR FA3 en présence d'une faible quantité de la substance contenue dans ces enrubannages.**

Enfin, pour décider des zones de retrait des enrubannages, EDF valorise dans les ZOD précédemment définies, les obstacles dits robustes (murs, gros équipements, etc.) qui peuvent protéger les protections incendie de l'impact du jet.

La suffisance des zones de retrait des enrubannages retenues *in fine* par EDF est examinée ci-après.

3. ZONES DE RETRAIT DES PROTECTIONS CONTRE L'INCENDIE

3.1. ZONES DE RETRAIT DES BRÈCHES CONVENTIONNELLES

Les volumes cumulés des ZOD de l'ensemble des brèches primaires conventionnelles considérées couvrent la majeure partie de l'intérieur du cylindre délimité par les murs, les sols et les plafonds de l'espace équipements⁷ du plancher 07 au plancher 10⁸ du BR. EDF a donc décidé de retirer l'intégralité des enrubannages contenant la substance au fort pouvoir colmatant présents à l'intérieur de ce cylindre, **ce qui est satisfaisant**.

De plus, EDF a vérifié, à l'aide de la maquette numérique du réacteur n° 2 du site de Chooz B, que les ouvertures (portes ou trémies⁹) présentes sur la surface du cylindre de l'espace équipements entre les planchers 07 et 10 ne permettaient pas qu'un jet issu d'une brèche primaire conventionnelle impacte directement des matériels situés à l'extérieur de ce cylindre. Sur la base de cette maquette, EDF conclut, pour l'ensemble des réacteurs du palier N4, qu'aucun jet direct ne peut atteindre des matériels situés en dehors de ce cylindre.

Pour l'IRSN, le risque qu'un jet issu d'une brèche soit réfléchi au passage d'une ouverture en conservant suffisamment d'énergie pour détruire des protections incendie ne peut être exclu. Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF doit identifier les protections incendie situées dans les locaux communiquant par des ouvertures avec la partie de l'espace équipements entre les planchers 07 et 10, et vérifier que le jet issu d'une brèche ne pourrait pas conduire à leur endommagement. L'IRSN considère par ailleurs que cette vérification doit être réalisée *in situ*

⁵ Dispositifs qui limitent le déplacement des deux tronçons de tuyauterie en cas de rupture de la tuyauterie.

⁶ La ZOD 17D correspond à une sphère centrée sur la position de la brèche et de rayon 17 fois le diamètre interne (D) de la tuyauterie rompue. Cette sphère correspond à la ZOD considérée par EDF dans son cadre de référence pour l'évaluation du TSD amont pour ce qui concerne les calorifuges et les matériaux de densité équivalente.

⁷ L'espace équipements correspond à la zone cylindrique centrale du BR qui comprend les gros composants du circuit primaire : cuve, pressuriseur, pompes primaires, générateurs de vapeur. L'espace annulaire entoure sur quelques mètres l'espace équipements.

⁸ Le BR comporte plusieurs étages ou « planchers », numérotés de 04 à 14. Le sol du plancher 07 est situé à 6,70 m et le plafond du plancher 10 est situé à environ 22 m.

⁹ Une trémie est une ouverture dans un plancher ou un mur, destinée à laisser passer du matériel ou un flux d'air.

pour chacun des réacteurs du palier N4 afin de tenir compte de l'état réel des installations. **Ce point fait l'objet de la Recommandation n° 1 en Annexe 1.**

3.2. EXTENSION DU PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE AU-DELÀ DES BRÈCHES CONVENTIONNELLES

Pour le retrait des enrubannages, EDF a considéré, en cohérence avec le cadre de référence pour les études de la fonction de recirculation RIS/EAS, les brèches conventionnelles qui conduisent à la plus grande quantité de débris générés et aux débits RIS et EAS les plus élevés. Or, du fait du fort pouvoir colmatant de la substance contenue dans les enrubannages, la fonction de recirculation RIS/EAS pourrait être perdue pour des situations de brèche conduisant à des quantités de débris et des débits plus faibles.

Ainsi, pour l'EPR FA3, le périmètre de retrait de cette substance a été déterminé par EDF, non seulement pour les brèches conventionnelles, mais également pour l'ensemble des tuyauteries connectées au CPP, dont la rupture était susceptible de solliciter la fonction de recirculation RIS¹⁰. Ainsi, EDF s'est engagé dans le cadre de la présente expertise à étendre son analyse à ces brèches primaires dites non conventionnelles (cf. Engagement n° 2 présenté en Annexe 2). **L'IRSN estime cet engagement satisfaisant, sous réserve que l'inventaire des protections contre l'incendie soit réalisé à l'intérieur des ZOD de rayon 85D pour les tuyauteries non équipées de dispositifs anti-débattement, en cohérence avec l'approche retenue pour les brèches conventionnelles.**

Par ailleurs, pour les réacteurs du palier N4, contrairement au réacteur EPR FA3, certaines brèches situées sur le circuit secondaire peuvent conduire à solliciter la fonction de recirculation et imposer pour leur gestion des débits RIS et EAS importants¹¹. Pour l'IRSN, EDF doit compléter son analyse du risque de perte de la fonction de recirculation RIS/EAS pour ces situations de brèche sur le circuit secondaire. **Ce point fait l'objet de la Recommandation n° 2 en Annexe 1.**

4. EFFET DU RETRAIT DES PROTECTIONS CONTRE L'INCENDIE

Dans le dossier accompagnant la déclaration de l'écart de conformité n° 628, EDF a prévu le retrait de l'ensemble des enrubannages situés dans les ZOD associées aux brèches conventionnelles et s'est assuré, qu'en cas d'incendie, la perte éventuelle des informations qui transitent dans les câbles désenrubannés ne compromet pas le retour du réacteur à l'état sûr, **ce qui est satisfaisant.**

Toutefois, les engagements pris par EDF concernant la réévaluation des ZOD des brèches conventionnelles et l'intégration des brèches non conventionnelles (Engagement n° 1 et Engagement n° 2 en Annexe 2) ainsi que la prise en compte des recommandations formulées par l'IRSN (Recommandation n° 1 et Recommandation n° 2 en Annexe 1) pourraient avoir pour conséquence d'étendre le périmètre de retrait nécessaire des protections contre l'incendie. **Si tel était le cas, il appartiendrait alors à EDF de vérifier l'innocuité de ces retraits vis-à-vis du risque incendie.**

¹⁰ Sur l'EPR FA3, le système EAS n'existe pas : l'aspersion de l'enceinte est assurée par le système EVU, dont le démarrage est initié par l'opérateur, et qui dispose d'un système de filtration indépendant de celui du système RIS.

¹¹ En particulier, en cas de rupture de tuyauterie alimentaire des générateurs de vapeur, la stratégie d'évacuation de l'énergie du réacteur pour le palier N4 repose sur l'ouverture des soupapes de sécurité du pressuriseur, qui conduit à la décharge du fluide primaire dans le BR, la perte de réfrigérant primaire étant compensée par l'injection RIS dans le CPP (conduite appelée « gavé-ouvert »). L'énergie accumulée dans le BR est alors évacuée par le biais de l'aspersion enceinte, assurée par le système EAS. Des débits RIS et EAS de l'ordre de la moitié du débit total RIS/EAS maximal sont ainsi maintenus pendant toute la phase de réalisation du « gavé-ouvert ».

5. CONCLUSION

L'IRSN souligne l'important travail mené par EDF pour évaluer les ZOD des brèches conventionnelles et identifier, à l'intérieur de ces ZOD, les protections contre l'incendie dont le retrait est nécessaire pour garantir l'efficacité de la fonction de recirculation des systèmes RIS et EAS. De plus, l'IRSN considère qu'EDF a convenablement évalué le risque associé au retrait de ces protections vis-à-vis du risque incendie. Néanmoins, des compléments sont encore nécessaires selon l'IRSN pour statuer, dans le cadre de la résorption de l'écart de conformité n° 628, sur le caractère suffisant vis-à-vis de la fonction de recirculation des zones de retrait de ces protections.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00180 DU 9 DÉCEMBRE 2024

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, pour les réacteurs du palier N4, que la quantité mobilisable de substance à fort pouvoir colmatant située dans les locaux dans lesquels débouchent les ouvertures de l'espace équipements compris entre les planchers 07 et 10 n'est pas de nature à compromettre le fonctionnement en recirculation des systèmes RIS et EAS.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF réalise, pour les réacteurs du palier N4, l'inventaire des protections contre l'incendie présentes à l'intérieur des ZOD des brèches secondaires conduisant à la mise en service des systèmes RIS et EAS et évalue l'impact du retrait de celles susceptibles de générer des débris contenant la substance au fort pouvoir colmatant présente dans les enrubannages de chemins de câbles.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00180 DU 9 DÉCEMBRE 2024

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

La réévaluation des aires de brèche est déjà prévue dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs du palier N4. EDF réévaluera les ZOD des brèches à débattement limité à considérer à partir de ces nouvelles données pour le 30 juin 2025. À l'issue, EDF analysera le besoin de déposes complémentaires.

Engagement n° 2

EDF réalisera l'inventaire des protections incendie présentes à l'intérieur des ZOD de rayon 17D des brèches primaires non conventionnelles situées en dehors du périmètre de dépose actuel à échéance du 31 mai 2025. Au vu des résultats d'inventaire sur les brèches primaires non conventionnelles, EDF étudiera la possibilité d'étendre le périmètre de dépose.