



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 10 décembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2024-00182

**Objet :** EDF – REP – Réacteurs de 1300 MWe, 1450 MWe et de la centrale nucléaire du Bugey  
Prise en compte du retour d'expérience du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Flamanville – Fuite au niveau d'un assemblage boulonné à double emboîtement du circuit d'aspersion de l'enceinte.

**Réf. :** [1] Saisine cadre ASN – CODEP-DCN-2012-040076 du 11 mars 2013.  
[2] Avis IRSN n° 2021-00194 du 6 décembre 2021.

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les éléments transmis par EDF après la fuite survenue début février 2023 lors d'un essai périodique (EP) au niveau d'un assemblage boulonné de la voie A du circuit d'aspersion de l'enceinte (EAS) du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Flamanville. Le réacteur était alors dans le domaine d'exploitation « réacteur complètement déchargé<sup>1</sup> ». Cet écart, initialement considéré par l'exploitant sans impact sur la sûreté, a été caractérisé, à la suite d'échanges entre l'ASN, l'IRSN et EDF, comme un écart de conformité (EC) car EDF n'a pu apporter la justification de l'étanchéité et du dimensionnement des assemblages boulonnés équipant les manchettes de la partie basse des lignes montantes EAS des réacteurs de 1300 MWe, de 1450 MWe et de la centrale nucléaire du Bugey (900 MWe). À ce titre, cet événement a fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif pour la sûreté (ESS).

Pour rappel, le circuit de sauvegarde EAS permet, en situation accidentelle, de maintenir la température et la pression dans l'enceinte de confinement à des valeurs garantissant son intégrité, par la pulvérisation d'eau borée dans le bâtiment réacteur (BR) via des rampes d'aspersion situées sous le dôme de ce bâtiment. L'eau pulvérisée est pompée dans un premier temps dans la bache PTR<sup>2</sup> puis dans un second temps dans les puisards situés de l'enceinte de confinement. Ce circuit est constitué de deux voies distinctes et redondantes.

<sup>1</sup> Dans ce domaine d'exploitation, le combustible a été déchargé de la cuve du réacteur et se trouve dans la piscine de stockage du bâtiment combustible.

<sup>2</sup> Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines (notamment celle d'entreposage des assemblages combustibles).

MEMBRE DE  
**ETSON**

# 1. PRÉSENTATION DE L'ALÉA SURVENU SUR LE SITE DE FLAMANVILLE

L'assemblage boulonné où la fuite a été constatée sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Flamanville est situé dans le BR, au bas de la colonne montante du circuit EAS. Il contient, entre ses deux brides, un diaphragme, appelé DI, qui limite le débit d'injection dans la ligne. Ce DI a été ajouté à la suite des essais de mise en service des réacteurs du palier P4<sup>3</sup> afin de ne pas dépasser la valeur maximale du débit EAS prise en compte dans les études d'accident. Ce DI se situe sur une portion horizontale de la ligne EAS, au milieu d'un montage à trois assemblages boulonnés en série.

La fuite au niveau de ce DI a été détectée lors d'un EP de manœuvrabilité de différents robinets du circuit EAS en voie A et de vérification d'absence de tape sur ce circuit<sup>4</sup>. Ce dernier contrôle est réalisé en ouvrant un robinet de vidange en aval du DI pour s'assurer que l'eau s'écoule par un piquage situé au bas de la colonne montante. **C'est lors de ce contrôle que la fuite d'eau entre les deux brides de l'assemblage boulonné est apparue. Cette fuite était importante alors que la tuyauterie n'était pas sous pression, sinon la pression statique due à la hauteur d'eau.**

L'assemblage boulonné de ce DI EAS est à double emboîtement, c'est-à-dire qu'un premier emboîtement « femelle-femelle » permet de maintenir le diaphragme entre les deux brides et qu'un deuxième emboîtement « mâle-femelle » assure l'étanchéité avec un joint entre les deux brides. Une rondelle de calage entre ces deux brides permet de bloquer les rotations possibles d'une bride par rapport à l'autre (ou « rotulage ») et de maîtriser l'écrasement du joint. À la construction de la centrale nucléaire de Flamanville, l'étanchéité de cet assemblage boulonné était réalisée par un joint spiralé comprenant une âme métallique et un intercalaire en amiante et en élastomère. L'historique de maintenance de ce DI semble indiquer que ce joint d'origine a été remplacé en 1994 par un joint sans amiante. C'est donc ce dernier qui était en place au moment de la fuite.

Pour la réparation de l'étanchéité de cet assemblage boulonné, l'exploitant a mis en place un joint composé d'acier inoxydable et de graphite d'épaisseur supérieure de 1 mm par rapport au joint d'origine (avant écrasement). Avec ce joint, le jeu entre les deux brides est plus important : la partie mâle de l'emboîtement au niveau du joint n'est donc pas assez insérée dans la partie femelle et la rondelle de calage n'est alors pas en contact avec chacune des brides de l'assemblage boulonné<sup>5</sup>. Ce montage n'empêche donc pas un rotulage de l'assemblage boulonné. Afin d'assurer un contact des deux brides, l'exploitant a remplacé la rondelle de calage par une pièce plus épaisse et a appliqué un couple de serrage de la boulonnerie plus important, supprimant ainsi l'effet de rotule possible de ce DI. **Néanmoins, l'application d'un couple de serrage plus élevé n'a pas été analysée vis-à-vis d'un risque de plastification des brides.** La remise en conformité de cet assemblage boulonné est détaillée ci-après.

---

<sup>3</sup> Le palier P4 regroupe les réacteurs des centrales nucléaires de Flamanville, Saint-Alban et Paluel (1300 MWe).

<sup>4</sup> Lors des arrêts pour rechargement, la portion de tuyauterie comprenant ce DI est usuellement démontée (par les assemblages situés en amont et en aval) et des tapes sont mises en place.

<sup>5</sup> Ce joint est une pièce de rechange fournie par les services centraux d'EDF.

## 2. ESS GÉNÉRIQUE DÉCLARÉ PAR EDF À LA SUITE DE L'ALÉA SURVENU SUR LE SITE DE FLAMANVILLE

À la suite de cet aléa, EDF a déclaré un ESS générique<sup>6</sup> pour les réacteurs de 1300 MWe, 1450 MWe et de la centrale nucléaire du Bugey<sup>7</sup> du fait de la mise en place de joints différents de ceux d'origine (amiantés) sans vérification préalable des conséquences pour le dimensionnement mécanique de la liaison :

- pour les réacteurs du palier P4, l'absence de vérification concerne les assemblages boulonnés des DI au bas des colonnes montantes EAS des deux voies, ainsi que les assemblages boulonnés se trouvant en amont et en aval de ces DI ;
- pour les autres réacteurs (1450 MWe, Bugey et palier P'4<sup>8</sup>), il n'y a pas de DI à cet endroit, mais les deux assemblages boulonnés au bas des colonnes montantes EAS de chaque voie sont concernés par cette absence de vérification de la même façon que pour le palier P4.

EDF a réalisé une enquête pour les réacteurs ci-dessus afin de déterminer les types de joints installés et les couples de serrage appliqués. Cette enquête a montré que certains assemblages boulonnés étaient plus serrés que ne l'exige le code de construction (RCC-M<sup>9</sup>). Néanmoins, EDF estime que les sur-serrages appliqués génèrent des déformations très limitées et sans impact structurel sur l'assemblage boulonné. EDF a complété cette analyse mécanique par une analyse de sûreté qui prend en compte un écartement des brides de l'assemblage boulonné du fait des efforts hydrauliques : le débit de fuite serait alors inférieur à 1 l/h, ce qui est faible.

Enfin, EDF a réalisé de nouvelles analyses du comportement mécanique de la liaison pour justifier la conformité des différents assemblages boulonnés après installation des nouveaux joints en graphite et serrage au couple de la boulonnerie conformément au requis. Pour le palier P4, l'analyse mécanique de l'assemblage boulonné situé en amont du DI, en bas de la colonne montante EAS en voie A, montre un dépassement de critère du RCC-M. Pour EDF, ce dépassement, qui concerne notamment la situation d'aspersion de l'enceinte en recirculation sur les puisards, ne remet pas en cause la résistance mécanique de l'assemblage eu égard aux conservatismes de la méthode de calcul prescrite par le RCC-M. Pour les autres réacteurs (1450 MWe, Bugey et palier P'4), les calculs réalisés montrent que les critères du RCC-M sont respectés.

Pour résorber cet EC, EDF a engagé le remplacement des joints de ces assemblages boulonnés par des pièces de rechange adaptées, sans modification de la rondelle de calage d'origine du DI, ainsi qu'un contrôle de l'état de leurs brides (planéité, état de surface et ressuage). La fin de ces activités est prévue au cours de l'année 2025.

## 3. ANALYSE DE L'IRSN

L'IRSN rappelle que le retour d'expérience du parc en exploitation a permis d'identifier de nombreuses non-conformités de montage de diaphragmes. Par exemple, l'avis de l'IRSN en référence [2] relate la dégradation d'une tuyauterie du circuit EAS à cause de vibrations excessives d'un DI multi-étagé, dont le montage n'était pas conforme.

<sup>6</sup> Cet ESS a été classé de niveau 0 sur l'échelle INES (International Nuclear Event Scale). Cette échelle INES permet d'évaluer la gravité d'un incident ou d'un accident dans le domaine nucléaire. Un écart est classé en niveau 0, un incident nucléaire en niveau 1 à 3 et un accident nucléaire en niveau 4 à 7.

<sup>7</sup> Pour les réacteurs de 900 MWe autres que ceux de Bugey, il n'y a pas d'assemblage boulonné en bas des colonnes montantes EAS. Ils ne sont donc pas concernés.

<sup>8</sup> Le palier P'4 regroupe les réacteurs des centrales nucléaires de Cattenom, Belleville-sur-Loire, Nogent-sur-Seine, Golfech et Penly (1300 MWe).

<sup>9</sup> Règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires des centrales nucléaires à eau sous pression.

**L'IRSN rappelle également qu'une perte de débit au niveau des buses d'aspersion du circuit EAS n'est pas acceptable en situation accidentelle.** Les conséquences de la modification d'un DI doivent donc être évaluées et une requalification adaptée aux enjeux doit être réalisée. De même, le bon comportement mécanique des brides avec un couple de serrage plus important doit être confirmé par une analyse. Ces justifications doivent intégrer les contraintes mécaniques qui seraient rencontrées en situations accidentelle et/ou de séisme.

Concernant les assemblages boulonnés se trouvant au bas des colonnes montantes EAS, EDF procède, dans le cadre du traitement de l'EC, au remplacement des joints sur les réacteurs concernés. **Néanmoins, le dépassement d'un critère du RCC-M pour un assemblage boulonné pour les réacteurs du palier P4 nécessite une justification complémentaire.** Lors de la présente expertise, EDF a indiqué que le RCC-M permettait le recours à une méthode de calcul moins conservative pour l'analyse du comportement mécanique et a présenté un calcul alternatif justifiant le respect des critères du RCC-M pour les brides de l'assemblage boulonné en amont du DI au bas de la colonne montante en voie A. **Ce point n'appelle plus de commentaire de la part de l'IRSN.**

Lors de l'expertise, il a également été mis en évidence que des DI à double emboîtement, équipés d'un joint amianté d'origine, étaient montés en haut des colonnes montantes EAS dans le BR des réacteurs du palier P4. EDF a indiqué que seuls les assemblages boulonnés au bas des colonnes montantes EAS du palier P4 présentaient conjointement une conception avec trois assemblages en série, comprenant un DI à double emboîtement, et une pratique d'exploitation conduisant à les démonter régulièrement. En conséquence, EDF considère que le cas des DI à double emboîtement en bas des colonnes montantes EAS du palier P4 est singulier et qu'il n'est pas nécessaire d'engager des actions pour d'autres DI de conception similaire sur le parc. **Ce point n'appelle plus de commentaire de la part de l'IRSN.**

**En conclusion, l'IRSN considère que le processus interne d'EDF aurait dû permettre la détection de cet écart de conformité sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Flamanville et de son caractère générique avant le questionnement initié par l'ASN et l'IRSN. Toutefois, les justifications apportées par EDF concernant le comportement mécanique des assemblages boulonnés situés au bas des colonnes montantes EAS des réacteurs des paliers 1300 MWe, 1450 MWe et du Bugey, ainsi que les remises en conformité de ceux-ci, sont jugées satisfaisantes par l'IRSN.**

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté