

Fontenay-aux-Roses, le 10 juillet 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## *Avis IRSN n° 2020-00115*

Objet ...	Réacteurs électronucléaires - EDF - Crayons combustible affectés d'un défaut sur la longueur du plenum
Réf(s) ...	[1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2020-036118 du 9 juillet 2020
Nbre de page(s)...	4

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité, sur le plan de la sûreté, du fonctionnement de certains réacteurs avec des assemblages de combustible contenant des crayons présentant une longueur de plenum<sup>1</sup> non conforme aux spécifications techniques de fabrication.

### Contexte

EDF a déclaré un événement anormal important (EAI) relatif à la découverte, par un de ses fournisseurs d'assemblages de combustible (Framatome), à l'usine de Romans le 8 juin 2020, de l'absence de rejet de crayons de combustible UNE<sup>2</sup> présentant une longueur de plenum non conforme lors d'un contrôle<sup>3</sup>.

Cet événement anormal se traduit par des sur-longueurs ou des sous-longueurs<sup>4</sup> du plenum, pouvant atteindre jusqu'à 13 % de la valeur moyenne de conception, pour 21 crayons présents dans 20 assemblages de combustible rechargés ou prévus de l'être dans sept réacteurs<sup>5</sup> :

- les réacteurs n°2 de Gravelines et n°1 de Cattenom actuellement en production ;

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

<sup>1</sup> Le plenum supérieur du crayon de combustible est une chambre d'expansion en extrémité haute du crayon permettant d'accommoder l'augmentation de sa pression interne consécutive au relâchement de gaz de fission au cours de l'irradiation. Le plenum contient un ressort hélicoïdal qui comprime la colonne de pastilles de combustible dans le crayon, assurant ainsi son maintien pendant les opérations de manutention, de transport et déchargement.

<sup>2</sup> Oxyde d'uranium naturel (UO<sub>2</sub>) enrichi.

<sup>3</sup> Contrôle par densitométrie Rayons X.

<sup>4</sup> Parmi les 21 crayons en défaut, un seul crayon présente une sous-longueur de plenum. Ce crayon est contenu dans un assemblage qui sera rechargé dans le réacteur n°2 de Nogent.

<sup>5</sup> Il s'agit de réacteurs de 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe, exploités respectivement en gestion de combustible Parité MOX, GEMMES et ALCADÉ. Une gestion combustible est un mode d'exploitation du combustible, spécifique à un groupe de réacteurs du même type, qui définit notamment la composition du combustible, son temps d'irradiation dans le réacteur et ses modalités de recharge.

MEMBRE DE

**ETSON**

EUROPEAN  
TECHNICAL SAFETY  
ORGANISATIONS  
NETWORK

- les réacteurs n°2 de Cattenom, n°1 de Saint-Alban, n°1 de Chooz B et n° 2 de Nogent-sur-Seine<sup>6</sup> dont les redémarrages sont programmés à court terme ;
- le réacteur n°2 de Chooz B pour lequel l'assemblage concerné ne sera pas rechargé immédiatement.

Ces non-conformités de longueur de plénum ont des conséquences neutroniques (augmentation locale de puissance) et thermomécaniques (déformation circonférentielle de gaine) dans les assemblages concernés.

Ainsi, l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité sur le plan de la sûreté de la situation pour les réacteurs concernés en cours d'irradiation et ceux pour lesquels le rechargement est en cours ou à venir. En particulier, l'ASN souhaiterait connaître l'avis de l'IRSN sur les questions suivantes :

- le traitement de l'événement anormal, en termes de bornage<sup>7</sup>, est-il satisfaisant ?
- les effets étudiés des non conformités de plenum, pour les crayons en cours d'irradiation et les crayons rechargés, sont-ils pertinents et suffisants ?
- des mesures compensatoires sont-elles nécessaires pour certains des réacteurs concernés ?

Dans la mesure où EDF n'a pas fourni à ce stade d'éléments concernant les cas des réacteurs n°2 de Nogent et de Chooz B, l'expertise menée par l'IRSN ne traite pas ces cas.

#### **Traitement de l'événement anormal important (EAI)**

Le fournisseur Framatome a mis en évidence que cet EAI a pour origine l'utilisation ponctuelle d'une version obsolète (depuis 2014) d'un logiciel de traçabilité installée sur un unique poste de contrôle de la chaîne de fabrication du combustible. Le bornage a été établi par l'analyse des occurrences d'utilisation de cette version obsolète. Ainsi, 21 crayons introduits dans 20 assemblages sont concernés par cet EAI. La détection de l'événement a entraîné des mesures conservatoires immédiates d'arrêt de la fabrication et de suppression de la version obsolète du logiciel. De plus, une analyse de risque sur la présence de logiciels obsolètes sur l'ensemble des postes informatiques de toutes les usines du fournisseur d'EDF a été engagée.

**L'IRSN estime pertinente la démarche d'identification des crayons affectés par cet évènement anormal et n'a pas de remarque sur le bornage établi.**

#### **Conséquences sur le comportement du combustible d'une longueur de plenum non-conforme**

L'augmentation ou la réduction de la longueur du plenum des crayons conduit à des effets neutroniques et thermomécaniques dans l'assemblage concerné par la non-conformité.

Un crayon affecté d'une sur-longueur de plenum peut présenter :

- une ouverture de jeux axiaux inter-pastilles si les sollicitations lors du transport ou de la manutention n'ont pas été contrecarrées par l'effort de compression exercé par le ressort du crayon. La création d'un jeu inter-pastilles peut, d'une part, conduire à une augmentation locale de la puissance dans les pastilles entourant le jeu (effet neutronique) et, d'autre part, au phénomène de flambage<sup>8</sup> de la gaine au droit du jeu créé (effet thermomécanique) ;

<sup>6</sup> Le redémarrage étant prévu légèrement plus tard que les autres, EDF n'a pas encore transmis les éléments de justification.

<sup>7</sup> Il s'agit de l'identification exhaustive des crayons non-conformes.

<sup>8</sup> Le flambage consiste ici en une déformation radiale (ou ovalisation) de la gaine au droit du jeu inter-pastilles.

- une longueur de colonne combustible plus courte, susceptible de générer une surpuissance locale dans les crayons adjacents (effet neutronique).

Une sous-longueur du plenum d'un crayon peut conduire à une augmentation locale de la puissance dans le crayon par effet neutronique. De plus, le volume libre pour les gaz de fission dans le crayon étant réduit, la pression interne dans ce dernier sera plus importante en fin de vie (effet thermomécanique).

Enfin, une surpuissance locale est susceptible d'augmenter le risque de rupture de la gaine par interaction entre la pastille et la gaine<sup>9</sup>.

**L'IRSN estime satisfaisante l'identification par EDF des phénomènes physiques et des effets dus à la présence de sur ou sous-longueurs de plenum.**

Seule l'analyse associée à une sur-longueur de plenum est présentée ci-après. En effet, parmi les 21 crayons en défaut, un seul crayon présente une sous-longueur de plenum. Ce crayon est contenu dans un assemblage qui sera rechargé sur le réacteur n°2 de Nogent, pour lequel EDF n'a pas encore fourni d'éléments de justification.

### Impact neutronique

En ce qui concerne l'effet neutronique, la modification locale de la géométrie (diminution ou augmentation de la longueur de la colonne combustible, apparition de jeux inter-pastilles) induite par la non-conformité de longueur de plenum conduit à un changement du comportement neutronique local qui affecte la puissance du crayon porteur de la non-conformité ainsi que celle des crayons adjacents.

Afin d'évaluer l'impact sur la sûreté des réacteurs concernés par cet EAI, EDF a appliqué une démarche d'analyse en deux étapes :

- la première consiste à quantifier par calcul, de manière conservative<sup>10</sup>, l'augmentation locale de la puissance linéique (appelée ci-après pénalité), soit en cas de désalignement du haut de la colonne combustible, soit en présence d'un jeu axial inter-pastilles ;
- la seconde consiste à déterminer, en considérant des crayons conformes, les marges existantes en puissance linéique entre les crayons concernés et le point chaud du cœur<sup>11</sup>. Les calculs neutroniques effectués couvrent la totalité des campagnes d'irradiation concernées.

Ainsi, le respect des critères des études de sûreté est assuré si les marges existantes couvrent les pénalités induites par la non-conformité.

**L'IRSN estime que la démarche retenue présente suffisamment de conservatismes pour être acceptable dans le cadre du traitement des conséquences de cet événement anormal.**

En outre, l'étude d'EDF montre que, pour chacun des crayons présentant une sur-longueur de plenum, les pénalités induites par la non-conformité sont suffisamment faibles au regard des marges en puissance linéique existantes.

<sup>9</sup> Ce risque est à considérer dès lors que le contact entre la pastille et la gaine d'un crayon de combustible est établi (jeu fermé). S'il n'y a pas de risque potentiel de rupture de gaine en régime permanent, celui-ci apparaît si le crayon de combustible subit de fortes augmentations de puissance (en situation incidentelle ou accidentelle), la gaine étant alors sollicitée en traction.

<sup>10</sup> Dans ces calculs, EDF modélise des amplitudes de désalignement et de jeux axiaux inter-pastilles, supérieures à celles estimées réellement pour les crayons non-conformes. De plus, EDF considère des hypothèses sur l'état du cœur (concentration en bore et taux d'épuisement du combustible nuls) de nature à maximiser cette pénalité.

<sup>11</sup> Zone du cœur où la puissance linéique est maximale.

En conséquence, l'IRSN considère qu'EDF a apporté la démonstration que les marges existantes en puissance linéique pour les campagnes d'irradiation concernées sont suffisantes pour accommoder la non-conformité de sur-longueur du plenum.

### Impact thermomécanique

La justification thermomécanique des crayons concernés par une sur-longueur de plenum repose tout d'abord sur la démonstration de l'ouverture ou non d'un jeu axial inter-pastilles, basée sur la quantification de la force de maintien du ressort des crayons sur la colonne combustible sollicitée lors du transport ou de la manutention.

Si le maintien de la colonne combustible est assuré alors aucun jeu inter-pastilles n'est créé. Dans le cas contraire, en cas d'ouverture d'un jeu axial inter-pastilles au-delà de la valeur considérée dans le dossier de justification générique, le risque de flambage de la gaine doit faire l'objet d'une justification spécifique.

Parmi les crayons affectés par une non-conformité de sur-longueur de plenum, seuls deux d'entre eux (prévus d'être rechargés sur le réacteur n°1 de Chooz B) ont fait l'objet d'une justification spécifique. L'étude réalisée par EDF, considérant des jeux inter-pastilles pénalisés, montre que le flambage de la gaine n'intervient pas pendant la durée d'irradiation en réacteur autorisée. Ainsi, EDF conclut qu'aucun des crayons qui seront rechargés ne peuvent être endommagés par flambage au cours de leur irradiation.

Par ailleurs, l'analyse d'impact menée par EDF montre qu'une augmentation locale de puissance inférieure à 5 % ne met pas en cause les conclusions des études relatives au phénomène d'interaction pastille-gaine rencontré en situation incidentelle et accidentelle. Ce point n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

**Par conséquent, l'IRSN considère qu'EDF a démontré que les conclusions des dossiers de justification thermomécanique ne sont pas mises en cause par des crayons présentant des sur-longueurs de plenum.**

### Conclusion

EDF a déclaré un événement anormal important relatif à la fabrication de crayons de combustible présentant une longueur de plenum non conforme. L'IRSN estime que le bornage des crayons affectés par cette non-conformité réalisé par EDF est satisfaisant et souligne le faible nombre de crayons concernés par cet événement anormal.

Par ailleurs, l'IRSN estime, à l'issue de son expertise des éléments apportés par EDF, que la démonstration de sûreté n'est pas mise en cause par la présence de crayons présentant des sur-longueurs de plenum. En conséquence, l'IRSN n'estime pas nécessaire la mise en place de mesures compensatoires pour les réacteurs concernés.

**En conclusion, l'IRSN n'émet pas de réserve quant à la poursuite de l'irradiation des assemblages affectés par cette non-conformité dans les réacteurs n°2 de Gravelines et n°1 de Cattenom en fonctionnement, et quant au rechargement des assemblages affectés par cette non-conformité dans les réacteurs n°2 de Cattenom, n°1 de Saint-Alban et n°1 de Chooz B.**

Pour le Directeur général et par délégation,  
Olivier DUBOIS

Directeur Adjoint de l'expertise de sûreté