

Fontenay-aux-Roses, le 22 décembre 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00212

**Objet :** **Modification du Décret d'Autorisation de Création de l'INB n° 115 relative au réacteur n° 4 du CNPE de Paluel.  
Introduction d'assemblages de combustible précurseurs MOX dans le coeur du réacteur n° 4 du CNPE de Paluel.**

**Réf. :** Lettre ASN – CODEP-DCN-2021-04645 du 2 novembre 2021.

La loi dite de « Programmation Pluriannuelle de l'Énergie » (PPE 2019 - 2028) fixe comme objectif d'ici à 2035 de réduire la part de la production d'énergie électrique d'origine nucléaire à 50 % du mix énergétique total produit sur le territoire français. Pour atteindre cet objectif, la PPE précise les principales orientations à suivre et propose la fermeture de 12 réacteurs nucléaires de 900 MWe à l'échéance de leur cinquième visite décennale.

La PPE indique également que « *la stratégie de traitement-recyclage du combustible nucléaire sera préservée sur la période 2019 – 2028 et au-delà, jusqu'à l'horizon des années 2040, où une grande partie des installations et des ateliers de l'usine de La Hague arrivera en fin de vie. À cette fin, et pour compenser sur la période les fermetures de réacteurs de 900 MWe moxés, le moxage d'un nombre suffisant de réacteurs de 1300 MWe sera entrepris afin de pérenniser la gestion du cycle du combustible* ».

Dans ce contexte, EDF souhaite réaliser une première phase expérimentale qui consiste à introduire quatre assemblages d'oxyde de plutonium (appelés MOX) dans le cœur du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Paluel à l'occasion d'une prochaine recharge. Cette phase permettra à EDF d'acquérir un premier retour d'expérience sur le comportement en cœur de ces assemblages avant d'envisager l'exploitation de combustible MOX de manière générique dans un certain nombre de réacteurs de 1300 MWe.

Le décret d'autorisation de création (DAC) du réacteur n° 4 du CNPE de Paluel (INB n°115) du 3 avril 1981 n'autorisant pas l'introduction d'assemblages MOX, EDF a adressé à la mission pour la sûreté nucléaire et la radioprotection du ministère de la transition écologique une demande de modification du DAC pour permettre l'introduction de quatre assemblages de combustible MOX en tant que précurseur d'une future gestion MOX pour certains réacteurs de 1300 MWe.

Par ailleurs, sans attendre la fin de cette première phase expérimentale, EDF proposera une phase d'expérimentation complémentaire qui consistera à introduire dans le cœur d'un réacteur de 1300 MWe une recharge complète contenant 24 assemblages de combustible MOX. Ces deux phases d'expérimentation devraient permettre à EDF d'acquérir un retour d'expérience suffisant quant à l'exploitation des assemblages MOX en préalable à une demande générique d'exploitation de ce combustible pour six réacteurs de 1300 MWe.

Par courrier cité en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les éléments techniques transmis par EDF en appui de sa demande de modification du décret de création de l'INB n°115. Pour l'essentiel, l'ASN souhaite connaître la position de l'IRSN sur :

- les spécificités de conception des quatre assemblages MOX ;
- l'impact de la présence de quatre assemblages MOX sur les études du rapport de sûreté des réacteurs de 1300 MWe ;
- l'impact et les conséquences de la présence de quatre assemblages MOX sur les opérations de manutention des assemblages tant sur le plan matériel, organisationnel et humain, que sur la radioprotection des travailleurs.

### **Conception des assemblages MOX**

Les quatre assemblages MOX prévus d'être irradiés dans le cœur du réacteur n° 4 du CNPE de Paluel sont de conception Framatome®. Ces assemblages MOX seront irradiés trois cycles dans un cœur composé d'assemblages d'oxydes d'uranium (UO<sub>2</sub>) de conception Framatome usuellement exploités dans les réacteurs de 1300 MWe.

Par rapport à la conception des assemblages UO<sub>2</sub> exploités dans les cœurs de 1300 MWe, ces assemblages MOX ne se distinguent que par la conception des crayons de combustible, laquelle présente quelques différences mineures en termes de géométrie, mais se caractérise surtout par la présence d'une cale appelée « cale hafnium » emmanchée sur le bouchon inférieur du crayon combustible et la présence d'un insert en hafnium en partie supérieure du crayon.

**Les documents de conception du combustible transmis par EDF au stade de la demande de modification du DAC n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Néanmoins, l'IRSN souligne que, pour compléter la justification de l'exploitation d'assemblages MOX sous l'angle de la conception du combustible, il convient de disposer d'éléments complémentaires, et notamment :

- de la note de justification de la tenue mécanique de la cale hafnium, en particulier en condition accidentelle ;
- de la note de dimensionnement des facteurs d'incertitudes technologiques ainsi que de la note d'évaluation des puissances linéiques à fusion ;
- du programme de surveillance des assemblages de combustible.

Enfin, il convient de souligner que le rapport de conception thermomécanique a été transmis mi-novembre 2021 par EDF, ce qui n'a pas permis à l'IRSN d'en effectuer une expertise. Ce rapport fera néanmoins l'objet d'une expertise de la part de l'IRSN dans le même temps que l'expertise des éléments attendus cités ci-dessus, dans un cadre qui reste à définir en amont de la réception des assemblages MOX sur le site de Paluel.

### **Impact des quatre assemblages MOX sur les études du rapport de sûreté**

De l'expertise menée par l'IRSN, il ressort que les études du rapport de sûreté reprises par EDF en tenant compte des spécificités des assemblages MOX respectent les critères de sûreté et que les argumentaires développés par EDF pour les études non reprises sont suffisants. De plus, l'introduction de quatre assemblages MOX dans un cœur constitué de 193 assemblages ayant un impact limité sur les caractéristiques globales du cœur, la démarche de démonstration de la sûreté des recharges intégrant les précurseurs MOX est acceptable. Par ailleurs, les évolutions du chapitre X des règles générales d'exploitation qu'EDF prévoit pour accommoder l'augmentation des incertitudes des facteurs technologiques liés au combustible devront être justifiées avant la réception des assemblages « précurseurs MOX » sur le site de Paluel.

Enfin, l'IRSN rappelle que, ces dernières années, des anomalies ont été révélées pour les assemblages de combustible MOX irradiés dans les réacteurs du palier 900 MWe en gestion de combustible « PARITÉ MOX ». S'agissant des assemblages MOX qui seront exploités dans les cœurs de 1300 MWe, l'IRSN considère que les dispositifs en hafnium prévus dans la conception de ces assemblages MOX sont suffisants pour prévenir la remontée de flux aux extrémités de la colonne fissile et donc éviter des restrictions d'exploitation. La résorption de l'anomalie liée à la présence d'îlots plutonifères devra en outre être effectuée en préalable à l'introduction « générique » d'assemblages MOX dans de futures recharges des cœurs de 1300 MWe prévue en 2028.

En conclusion, l'IRSN estime acceptable, au plan de la sûreté, l'introduction de précurseurs MOX dans le cœur du réacteur n° 4 du CNPE de Paluel, sous réserve que les recharges effectives à venir ne s'écartent pas significativement des plans prévisionnels transmis par EDF en appui de sa demande de modification du DAC. L'IRSN estime en outre qu'EDF devrait mettre en place un programme de mesure expérimentale du fléchissement des crayons pour les assemblages MOX introduits dans le réacteur n° 4 du CNPE de Paluel afin de s'assurer de la robustesse des lois déterminant la pénalité de fléchissement.

### **Impacts et conséquences sur les opérations de manutention des assemblages de combustible**

- Volet manutention :

La réception du combustible MOX neuf s'effectue à partir d'un emballage de transport MX6 qui permet de transporter six assemblages de combustible. L'emballage sera déchargé de son véhicule de transport dans la zone de déchargement située à l'aplomb de la trémie de manutention du bâtiment de la piscine de désactivation des éléments combustible (BK). L'emballage MX6 est ensuite manutentionné jusqu'à la fosse de chargement du plancher de la piscine du BK. L'emballage est ouvert dans cette fosse et les assemblages sont alors manutentionnés à sec, un par un, jusqu'au descenseur de la piscine de désactivation où ils sont immergés. Le pont utilisé pour cette manutention est le pont auxiliaire du BK. Ce mode de déchargement à sec est différent du mode de déchargement des assemblages MOX neufs pratiqué sur les réacteurs de 900 MWe (déchargement sous eau en fosse de chargement de la piscine de désactivation). Cette pratique envisagée pour les réacteurs de 1300 MWe est liée au fait que l'emballage MX6 n'est pas conçu pour être immergé.

Pour ce qui concerne la manutention des assemblages neufs, l'IRSN note qu'EDF a pris des dispositions permettant de fiabiliser le pont auxiliaire du BK. Pour autant, l'IRSN estime que la chute d'un assemblage en cours de manutention à sec doit être considérée et que, afin de limiter l'endommagement de cet assemblage en cas de chute, sa hauteur de manutention doit être minimisée autant que possible. Des éléments afférents devront être présentés par EDF dans les procédures de manutention avant la réception des assemblages de combustibles MOX sur le site de Paluel.

En outre, l'IRSN estime que la ventilation de l'air du BK doit être lignée à l'extraction sur sa ligne de filtration à débit réduit avant la manutention à sec des assemblages. EDF devra s'assurer d'un niveau de dépression suffisant du hall BK par rapport à l'extérieur.

Par ailleurs, l'IRSN estime que l'accès au plancher de la piscine de désactivation ne doit pas être remis en cause, à moyen et long termes, par la chute d'un assemblage MOX neuf à sec ayant conduit à une rupture de gaine. Aussi, l'IRSN estime qu'EDF devra présenter, avant la généralisation de la réception des assemblages de combustible MOX sur les réacteurs de 1300 MWe, les dispositions qu'il prévoit afin de mettre en sécurité un assemblage MOX neuf ayant chuté dans la fosse de préparation ou sur le plancher de la piscine BK au cours d'une manutention à sec, afin de retrouver un libre accès à ce plancher.

Enfin, s'agissant de l'évacuation des assemblages de combustibles usés, l'IRSN estime que les études effectuées par EDF, au regard de la tenue structurelle du BK et de l'endommagement mécanique de l'emballage, n'appellent pas de commentaires.

- Volet radioprotection :

Dans le cadre de sa demande de modification du DAC, EDF n'a pas présenté d'évaluation prévisionnelle de dose collective et individuelle pour les opérations de réception des assemblages de combustible MOX en air.

Plus globalement, l'IRSN estime qu'EDF devra présenter, avant la réception des assemblages MOX sur le site de Paluel, le contenu de ses analyses quant aux aspects suivants relatifs à la radioprotection des travailleurs :

- l'impact sur la radioprotection des travailleurs pendant les opérations de manutention des assemblages MOX, en phase de fonctionnement d'exploitation normale des installations et durant le transfert des assemblages combustible de la piscine BK à la piscine du bâtiment réacteur (BR) ;
- le nombre et la localisation des opérateurs et des assemblages MOX durant les différentes phases de manutention lors de la réception des assemblages MOX neufs en air ainsi qu'une évaluation prévisionnelle de la dose collective et individuelle pour tous les postes de travail identifiés ;
- les éléments de justification de l'analyse d'optimisation qui ont conduit au choix du nouveau poste de pilotage déporté<sup>1</sup>, des différentes protections biologiques envisagées et des moyens de manutention mis en œuvre pour les postes de travail situés au plus près des assemblages MOX neufs, ainsi que la définition des postes de travail les plus exposés ;
- les conditions d'accès dans le BK durant les phases de manutention en air des assemblages MOX ainsi que la conduite à tenir en cas d'incident de manutention ;
- les éléments de retour d'expérience dosimétrique des évacuations d'assemblages UO<sub>x</sub> sur les réacteurs du palier de 1300 MWe ainsi que les dispositions particulières mises en œuvre par l'exploitant du site de Paluel afin de respecter ces niveaux d'exposition lors de l'évacuation des assemblages MOX (EDF ayant indiqué que la dosimétrie ne devait pas être augmentée par rapport à la dosimétrie d'une évacuation d'assemblages d'UO<sub>x</sub>).

- Volet organisationnel et humain :

Le dossier présenté par EDF en appui de sa demande de modification du DAC ne comporte aucun élément d'analyse concernant les aspects organisationnels et humains (SOH) associés à la mise en place des dispositions, tant matérielles qu'organisationnelles, nécessaires à la manutention des assemblages de combustible MOX.

C'est pourquoi l'IRSN estime qu'EDF devra présenter, avant la réception des assemblages de combustible MOX sur le site de Paluel, au minimum les éléments suivants justifiant l'exploitation d'assemblages MOX sous l'angle des facteurs organisationnels et humains :

- l'analyse SOH et l'analyse des risques réalisée par EDF en amont de la rédaction du cahier des charges établi par EDF pour la conception du poste de travail déporté ;
- l'étude ergonomique de ce poste de travail déporté et des moyens de vision associés (caméras, écrans) ;
- la présentation des compétences requises pour les opérateurs qui seront affectés à ce poste de travail, ainsi que les dispositions de formation associées, qui doivent porter à la fois sur le déchargement de l'emballage MX6® et sur la prise en main du poste de pilotage déporté.

---

<sup>1</sup> La prise en compte des aspects radioprotection sur les travailleurs nécessite de créer un poste de travail déporté afin de réaliser à distance les différentes opérations de manutention des assemblages MOX.

De l'examen des documents techniques transmis par EDF en appui de sa demande de modification du DAC, l'IRSN ne met pas en évidence d'élément susceptible d'interrompre le processus réglementaire relatif à sa demande de modification du DAC.

Pour autant, l'IRSN estime que plusieurs pièces justificatives doivent encore être fournies par EDF avant de disposer des autorisations correspondantes pour réceptionner et exploiter une recharge de combustible comportant quatre assemblages MOX.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté