

Fontenay-aux-Roses, le 11 mai 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00079

---

**Objet:** EDF - REP - Palier CPY - Demande d'autorisation de modification notable - Parité MOX - VD3  
Enchaînement de trois et quatre recharges successives sans MOX.

---

**Réf.:** [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2021-022674 du 7 mai 2021.  
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-012204 du 25 mars 2019.  
[3] Lettre ASN – CODEP-DCN-2020-012639 du 14 février 2020.  
[4] Lettre ASN – CODEP-DCN-2010-049305 du 24 janvier 2011.

---

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les éléments transmis par EDF portant sur la demande d'autorisation de modification du rapport de sûreté (RDS) pour y inclure un enchaînement de trois et quatre recharges consécutives sans assemblages de combustible MOX<sup>1</sup> neufs. Ces éléments s'inscrivent dans le cadre de la démonstration de sûreté associée aux réacteurs de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible Parité MOX et à l'état technique correspondant à leur troisième visite décennale (VD3).

### 1. CONTEXTE

Pour couvrir les besoins du parc électronucléaire, EDF met en œuvre des cycles d'irradiation qualifiés de « variables » qui s'écartent significativement, en termes de plans de chargement des cœurs et de durée de cycle, des hypothèses retenues dans les études de sûreté génériques du RDS. La prise en compte de l'impact de la variabilité des cycles sur la démonstration de sûreté s'articule autour de deux volets :

- le premier volet concerne le dossier général d'évaluation de la sûreté des recharges (DGES). Ce document décrit l'ensemble des vérifications menées avant chaque nouveau cycle pour garantir l'applicabilité des conclusions des études génériques du RDS. La démonstration de sûreté en recharge repose sur le respect, pour certains paramètres neutroniques, dits paramètres clés, de valeurs limites issues des études génériques ;

---

<sup>1</sup> Mélange d'oxydes constitué de dioxyde de plutonium (PuO<sub>2</sub>) et de dioxyde d'uranium appauvri (UO<sub>2</sub>).

- le deuxième volet concerne le risque de rupture de gaine par interaction entre la pastille et la gaine<sup>2</sup> (IPG). Les études IPG du RDS sont réalisées par EDF sur la base du cycle prolongé à l'équilibre<sup>3</sup> de la gestion prévisionnelle (appelé cycle de référence) avec la méthodologie IPG renouvelée (MIR). Elles fixent notamment les limites relatives à l'exploitation en termes de durées passées en fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire (FPPI). Le FPPI est, en effet, un mode de fonctionnement défavorable par rapport au risque de rupture de gaine par IPG.

EDF a développé une démarche de démonstration de sûreté générique portant sur ces deux volets. Cette démarche a été, dans un premier temps, appliquée aux réacteurs 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible Parité MOX VD2 et VD3. En mars 2019, l'ASN a autorisé [2] la variabilité demandée par EDF. Ce domaine couvre notamment le cas d'une recharge ponctuelle sans assemblage de combustible MOX neuf, mais pas celui d'un enchaînement de deux recharges successives.

Or malgré des actions de maintenance et d'amélioration des processus de fabrication du combustible MOX, des difficultés persistantes sont rencontrées à l'usine de fabrication de MÉLOX, ce qui conduit à des manques de fourniture en assemblages de combustible MOX dès le début de l'année 2020. Dès lors, EDF a été amené à mettre en œuvre pour plusieurs réacteurs un enchaînement de deux recharges successives sans assemblage de combustible MOX neuf (appelé par la suite dossier « double 0 MOX ») qui a fait l'objet d'une autorisation par l'ASN en février 2020 [3]. Cette demande de modification prévoit une limitation de la durée de fonctionnement en FPPI à huit jours en cas d'un enchaînement de deux recharges successives sans MOX.

Actuellement, les difficultés de fabrication d'assemblages de combustible MOX persistent toujours à l'usine MÉLOX. EDF sera alors amené, dès 2021, à mettre en œuvre pour plusieurs réacteurs un enchaînement de trois et quatre recharges successives sans assemblage de combustible MOX neuf.

En conséquence, l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur la démonstration de sûreté transmise par EDF pour couvrir ce type d'enchaînement, et en particulier sur les aspects suivants :

- l'acceptabilité sur le plan de la sûreté de la modification en regard du référentiel applicable aux réacteurs exploités en gestion de combustible Parité MOX et à l'état technique VD3 ;
- la recevabilité des justifications apportées par EDF sur la base du dossier « STE IPG Variabilité », qui a fait l'objet d'une autorisation de l'ASN [2], visant à supprimer la limitation du FPPI à huit jours pour un enchaînement de deux recharges successives sans MOX.

## 2. APPLICABILITÉ DU RÉFÉRENTIEL DE SÛRETÉ « PARITÉ MOX »

Dans la présente analyse de sûreté, EDF considère des plans de chargement théoriques illustrant l'enchaînement de trois et quatre recharges consécutives sans assemblage de combustible MOX neuf.

L'analyse de ces plans de chargement théoriques conduit EDF à observer un dépassement des valeurs limites prescrites dans le DGES du référentiel Parité MOX VD3 pour les paramètres clés suivants : les valeurs maximales de la fraction effective de neutrons retardés<sup>4</sup> en début de vie à l'équilibre xénon et en fin de vie et la valeur

<sup>2</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 dès lors que le crayon de combustible subit de fortes augmentations de puissance, la gaine étant alors sollicitée en traction. L'intégrité de la première barrière (gaine des crayons de combustible) doit être démontrée pour toutes les conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégories 1 (fonctionnement normal) et 2 (fonctionnement incidentel).

<sup>3</sup> Un plan de chargement est à l'équilibre lorsque le positionnement des assemblages entre deux cycles successifs et la longueur du cycle ne varient plus.

<sup>4</sup> Lors de la fission d'un noyau lourd (uranium ou plutonium par exemple), des neutrons sont émis, permettant ainsi le maintien de la réaction en chaîne dans le réacteur. On distingue les neutrons dits prompts, qui sont émis au moment de la fission, des neutrons dits retardés, qui sont émis, eux, entre plusieurs secondes et plusieurs minutes après la fission.

maximale du point chaud des assemblages fortement épuisés après éjection de grappe (EDG) à puissance nulle en fin de vie. Dans le cadre du dossier « double 0 MOX », seuls les dépassements de la valeur maximale de la fraction effective de neutrons retardés étaient observés.

Concernant les dépassements de la valeur maximale de la fraction effective de neutrons retardés, EDF reconduit les justifications présentées lors de l'expertise du dossier « double 0 MOX » accepté par l'ASN [3]. En effet, EDF a analysé les conséquences de ce dépassement sur l'ensemble des études d'accident impactées, à savoir le retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle (RIGZ) initié en attente à chaud et la chute de grappe(s) (CDG) pour la phase de détection<sup>5</sup>. L'IRSN convient que ces justifications restent applicables pour l'enchaînement de trois et quatre recharges successives sans MOX.

Par ailleurs, le calcul du terme A de la puissance résiduelle<sup>6</sup> est également affecté par ce dépassement, puisqu'il est associé aux fissions résiduelles dues aux neutrons retardés. Aussi, EDF avait proposé, dans le cadre du dossier « double 0 MOX », d'ajouter un nouveau paramètre clé afin de s'assurer de la validité du terme A, ce que l'IRSN avait estimé satisfaisant.

Dans le cadre du dossier « triple et quadruple 0 MOX », la valeur limite de ce nouveau paramètre clé n'est plus respectée en raison des caractéristiques neutroniques associées à ces enchaînements. EDF montre alors que l'impact de ce dépassement est faible sur la puissance résiduelle et ne met pas en cause le respect des critères de sûreté des études concernées, ce qui n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

Pour justifier l'acceptabilité du dépassement de la valeur maximale du point chaud des assemblages fortement épuisés, EDF a repris l'étude d'EDG en appliquant la méthode tridimensionnelle (3D) cinétique rénovée, jugée conservatrice et acceptée par l'ASN [4], et a démontré le respect des critères de sûreté.

Bien que cette justification ait été apportée, EDF montre que les caractéristiques neutroniques propres aux cycles « triple et quadruple 0 MOX » permettent également de relaxer les valeurs limites des paramètres clés<sup>7</sup> associées à cette étude tout en respectant les critères de sûreté. EDF prévoit de valoriser cette relaxation uniquement pour les cycles « triple et quadruple 0 MOX ». **Compte tenu des éléments apportés par EDF et du conservatisme intrinsèque lié à la méthode 3D cinétique rénovée, l'IRSN estime acceptable la relaxation de ces paramètres clés.**

Par ailleurs, concernant l'impact de la variabilité des recharges sur les pénalités neutroniques prises en compte dans les études génériques, l'IRSN estime que les justifications apportées par EDF dans le cadre du dossier « double 0 MOX » sont transposables pour les cycles « triple et quadruple 0 MOX ». Elles sont jugées alors acceptables.

*In fine*, au vu des éléments présentés dans son dossier et des compléments apportés au cours de l'expertise, l'IRSN estime acceptable la démonstration d'EDF qui justifie que l'enchaînement de trois et quatre recharges successives sans assemblages de combustible MOX n'est pas de nature à mettre en cause les conclusions des études génériques du référentiel Parité MOX VD3. À ce titre, l'IRSN estime acceptable la relaxation des valeurs limites des paramètres clés qui seront vérifiés dans les Dossiers spécifiques d'évaluation de la sûreté en recharge (DSS) des cycles « triple et quadruple 0 MOX ».

<sup>5</sup> La phase de détection de l'étude de chute de grappe(s) évalue l'aptitude du système de protection du cœur à détecter cette chute. Toutes les combinaisons de chute de grappes sont testées. Les cas détectés déclenchent l'arrêt automatique du réacteur (AAR).

<sup>6</sup> La puissance résiduelle du combustible d'un cœur de réacteur nucléaire résulte de plusieurs composantes : le terme A désigne la puissance associée aux fissions résiduelles dues aux neutrons retardés émis après l'arrêt de la réaction en chaîne.

<sup>7</sup> Pour les cycles triple et quadruple 0 MOX, les relaxations considérées pour l'accident d'éjection de grappe à puissance nulle en fin de vie pour les assemblages fortement épuisés sont le poids de grappe, la fraction minimale de neutrons retardés et le facteur de point chaud.

Toutefois, l'IRSN note que, si EDF a démontré le respect des critères de sûreté, il n'a pas présenté un bilan de marges quantifiées mis à jour, ce qu'il devrait faire notamment en cas de cumul de la situation traitée dans ce dossier avec tout autre changement de condition d'exploitation des réacteurs concernés, ou bien en cas d'anomalie d'étude.

### 3. ANALYSE DU RISQUE INTERACTION PASTILLE-GAINE (IPG)

Dans le cadre du dossier « double 0 MOX », EDF avait imposé, pour tous les enchaînements de deux recharges successives sans assemblage de combustible MOX neuf, une limitation de la durée de FPPI à huit jours.

Dans le cadre du présent dossier, EDF prévoit de supprimer cette limitation. EDF justifie sa demande par une évaluation explicite des biais « IPG variabilité », selon la méthode acceptée par l'ASN [2], pour les plans représentatifs d'un enchaînement de deux, trois ou quatre recharges successives sans combustible MOX. EDF montre que ces biais sont inférieurs au biais du dossier « IPG variabilité ». L'IRSN estime donc acceptable la suppression de la limitation de la durée de FPPI à huit jours dans le cas de l'enchaînement de deux recharges de combustible sans MOX. En conséquence, l'IRSN estime que les STE IPG sont applicables pour les enchaînements « double, triple et quadruple 0 MOX ».

Enfin, l'IRSN note qu'EDF a enrichi sa base de plans du domaine de variabilité depuis l'autorisation en référence [2] dans l'objectif de s'assurer de la robustesse du biais « variabilité IPG », ce qui est satisfaisant dans le principe. Par ailleurs, certains plans théoriques comme le plan « triple 0 MOX » présentent des faibles marges vis-à-vis du biais « IPG variabilité ». Aussi, l'IRSN estime que l'enrichissement de cette base pourrait également tenir compte de différents leviers de variabilité possibles avec des recharges sans assemblage de combustible MOX afin de vérifier que le biais « IPG variabilité » est toujours respecté. **Ce point fait l'objet d'une observation en annexe.**

### 4. ACCEPTABILITÉ DE LA RÉVERSIBILITÉ

La réversibilité s'entend ici par le retour à une gestion standard Parité MOX à partir de plans sans assemblage de combustible MOX neuf.

Concernant le volet IPG, la démarche d'étude couvre des cycles de transition de la gestion de combustible GARANCE UO<sub>2</sub><sup>8</sup> à la gestion Parité MOX, en tenant compte d'une ou deux recharges successives standards de la gestion Parité MOX. Toutefois, le retour à un plan standard de la gestion Parité MOX à partir d'une recharge « double ou triple 0 MOX » n'est pas étudié par EDF. Par ailleurs, ces mêmes éléments de justification ne sont pas fournis pour le volet DGES. Aussi, **l'IRSN estime important qu'EDF apporte des éléments de justification complémentaires pour les volets DGES et IPG au préalable d'un retour vers un plan de chargement standard en gestion de combustible Parité MOX.**

### 5. CONCLUSION

Compte tenu de l'analyse de sûreté présentée par EDF, l'IRSN estime acceptable au plan de la sûreté la mise en œuvre d'enchaînement de trois et quatre recharges successives sans assemblage de combustible MOX neuf pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion Parité MOX.

Par ailleurs, l'IRSN ne formule pas d'objection à la levée de la limitation de la durée de FPPI de huit jours pour les recharges « double 0 MOX ».

---

<sup>8</sup> Plans de chargement composés totalement d'assemblages de combustible UO<sub>2</sub> avec une gestion par quart de cœur.

Enfin, l'IRSN estime important qu'EDF apporte des éléments de justification complémentaires en préalable d'un retour vers un plan de chargement standard en gestion de combustible Parité MOX.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2021-00079 DU 11 MAI 2021**

### **Observation de l'IRSN**

L'IRSN estime qu'EDF devrait poursuivre l'enrichissement de sa base de plans théoriques afin de s'assurer de la robustesse du biais « IPG variabilité » en tenant compte du cumul de plusieurs leviers de variabilité possibles avec des recharges sans assemblage de combustible MOX.