



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 29 janvier 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00014

Objet : Réacteurs électronucléaires (Palier CPY en PARITÉ MOX) – EDF
Anomalies MOX (valorisation de la cale tout acier)

Réf. : [1] Lettre ASN – CODEP-DCN-2021-003645 du 19 janvier 2021.
[2] Avis IRSN/2018-00120 du 27 avril 2018.
[3] Lettre ASN – CODEP-2018-025483 du 12 juillet 2018.
[4] Avis IRSN/2020-00081 du 27 mai 2020.
[5] Lettre ASN – CODEP-DCN-2020-042479 du 7 septembre 2020.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité, au plan de la sûreté, des éléments transmis par EDF portant sur la valorisation de la cale en acier en bas de la colonne fissile des assemblages de combustible dans la démonstration de sûreté des recharges pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY.

1. CONTEXTE

Ces dernières années, EDF a déclaré plusieurs anomalies concernant le combustible MOX¹ utilisé dans les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion de combustible « PARITÉ MOX ». Ces anomalies concernent :

- la non-conformité de fabrication de pastilles de combustible MOX en lien avec une dérive de la teneur moyenne en plutonium observée entre les crayons issus d'un même lot de pastilles ;
- la non-conformité de fabrication de pastilles de combustible MOX en lien avec la présence de PRI² de « grande taille », pouvant atteindre un diamètre effectif maximal dépassant le critère des spécifications techniques de fabrication ;
- l'absence de prise en compte du phénomène de remontée de flux neutronique se produisant aux extrémités de la colonne fissile pendant le fonctionnement normal du réacteur. Cette remontée de flux, générant un surcroît de puissance sur les premiers millimètres de la première pastille en haut et en bas

¹ Oxyde mixte de plutonium et d'uranium.

² Pu Rich Island – îlot riche en plutonium.

MEMBRE DE
ETSON

du cœur, est due à la présence d'une zone neutroniquement réfléchissante et faiblement absorbante, liée notamment à la présence d'une cale en Zircaloy-4 dans le crayon, en dessous de la première pastille.

Le cumul de ces anomalies pourrait mettre en cause la démonstration de l'intégrité du combustible pour certains transitoires de deuxième catégorie³. Dans ces situations, la vérification de l'intégrité du combustible repose notamment sur l'absence d'atteinte de la puissance linéique à partir de laquelle la fusion de la pastille peut intervenir.

EDF a donc déclaré en mars 2017 un événement significatif pour la sûreté relatif au cumul du phénomène de remontée de flux neutronique et de la présence d'îlots plutonifères non-conformes pour les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion de combustible « PARITÉ MOX ».

Dans son avis en référence [2], l'IRSN s'est prononcé sur la démonstration de sûreté apportée par EDF prenant en compte ces anomalies de fabrication à date et considérant le phénomène de remontée de flux neutronique en partie basse des crayons de combustible MOX. Cette expertise a conduit l'ASN, par la lettre en référence [3], à demander la mise en œuvre au plus tôt de mesures compensatoires en exploitation visant à réduire les risques de fusion à cœur du combustible MOX aux extrémités de la colonne fissile en cas de transitoires incidentels pour tous les réacteurs exploités en gestion de combustible « PARITÉ MOX ».

Dans l'attente d'une modification pérenne des crayons de combustible et de leur utilisation en réacteur, EDF a donc notamment mis en œuvre une disposition provisoire visant à limiter la remontée de flux neutronique en bas de la colonne fissile. Elle consiste à charger depuis 2020 des assemblages avec des crayons disposant d'une cale en acier plus neutrophage en remplacement de la cale en Zircaloy-4.

À l'issue de l'expertise par l'IRSN des mesures compensatoires proposées par EDF [4], l'ASN a demandé [5] l'intégration, dans les dossiers d'évaluation de la sûreté des recharges, d'un bilan de marge au risque de fusion de combustible pour les transitoires de deuxième catégorie. Dans l'attente d'éléments de justification sur le volume des PRI et du dossier de validation du logiciel de thermique utilisé pour le calcul de la puissance linéique à fusion, ce bilan de marge devra intégrer un PRI enveloppe de 17 mm³ et de teneur en plutonium de 18 % pour chaque réacteur exploité en gestion de combustible « PARITÉ MOX ».

Afin de restaurer des marges dans les dossiers d'évaluation de la sûreté des recharges, EDF souhaite valoriser la cale en acier permettant de réduire la puissance maximale atteinte lors des transitoires de deuxième catégorie en bas de la colonne fissile.

Ainsi, par lettre citée en référence [1], l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN concernant l'acceptabilité, au plan de la sûreté, de la valeur de la réduction de puissance maximale atteinte en bas de la colonne fissile pour les assemblages de combustible MOX équipés de cales en acier qu'EDF souhaite considérer dans les calculs permettant l'établissement des bilans de marge à la fusion de combustible en transitoires de deuxième catégorie.

³ Les transitoires de deuxième catégorie correspondent à des situations incidentelles de fréquence modérée (fréquence d'apparition annuelle par réacteur supérieure à 10⁻²).

2. VALORISATION DE LA CALE EN ACIER DANS LES DOSSIERS DE SÛRETÉ DES RECHARGES

L'introduction de cales en acier en remplacement des cales en Zircaloy-4 permet de réduire le pic de puissance, notamment en bas de l'assemblage chaud⁴ : l'acier présente, en effet, une plus grande capacité d'absorption des neutrons que le Zircaloy-4.

Les distributions de puissance en bas de la colonne fissile, calculées à l'aide d'un logiciel de référence de type Monte Carlo⁵, en présence de la cale en Zircaloy-4 et en acier ont été comparées par EDF dans une situation représentative des conditions pénalisantes pour laquelle le point chaud est situé en bas du cœur. L'atténuation de puissance en présence de la cale en acier, significative pour du combustible neuf, diminue avec l'irradiation du combustible⁶. Ces calculs n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

La valeur de réduction de la puissance en bas de la colonne fissile retenue par EDF correspond à l'atténuation de puissance provoquée par la cale en acier en fin de troisième cycle d'irradiation. Or, les marges de sûreté sont minimales en fin de second cycle. La valeur retenue par EDF est donc conservative. Par ailleurs, certains phénomènes physiques favorables⁷ ne sont pas valorisés dans les calculs effectués par EDF, renforçant ainsi le conservatisme de la démonstration apportée.

3. CONCLUSION

Compte tenu des éléments fournis par EDF, l'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, la valeur de la réduction de puissance maximale atteinte en bas de colonne fissile pour les assemblages MOX équipés de cales en acier, qu'EDF souhaite mettre en œuvre dans les calculs permettant l'établissement des bilans de marge à la fusion de combustible en transitoires de deuxième catégorie dans les dossiers de sûreté des recharges des réacteurs du palier CPY.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Franck DUBOIS

Chef du service de maîtrise
des incidents et des accidents

⁴ Endroit du cœur où la puissance linéique produite est maximale.

⁵ La méthode de Monte-Carlo consiste à simuler le transport des neutrons ainsi que les phénomènes d'interaction entre les neutrons et la matière qui sont pris en compte via des lois de probabilité.

⁶ Cet effet est lié à la baisse de la concentration en isotopes fissiles du plutonium et à l'augmentation de celle des noyaux absorbants.

⁷ Il s'agit de la fraction d'énergie de fission s'échappant du crayon sous forme de rayonnement et de l'absorption des neutrons par la grille inférieure de l'assemblage.