

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00018

Objet ...	Réacteurs électronucléaires - Palier CPY - EDF - Anomalies de fabrication du combustible MOX - Démonstration de sûreté en vue du démarrage du réacteur n° 5 de la centrale de Gravelines pour le cycle 33.
Réf(s) ...	[1] Saisine ASN - DEP-SD2-010-2006 du 17 février 2006. [2] Avis IRSN/2018-00120 du 27 avril 2018. [3] Lettre ASN - CODEP-DCN-2018-025483 du 12 juillet 2018. [4] Avis IRSN/2020-00009 du 20 janvier 2020. [5] Lettre ASN - CODEP-DCN-2020-005699 du 23 janvier 2020. [6] Lettre ASN - CODEP-DCN-2019-043896 du 25 octobre 2019. [7] Avis IRSN/2019-00255 du 19 novembre 2019. [8] Lettre ASN - CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016.
Nbre de page(s)..	5

Conformément à la demande formulée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité, au plan de la sûreté, de la démonstration apportée par EDF relative à la prise en compte d'une nouvelle anomalie de fabrication affectant les crayons de combustible MOX¹ de conception FRAMATOME en vue du redémarrage du réacteur n°5 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Gravelines.

Contexte

EDF a déclaré plusieurs anomalies concernant le combustible MOX utilisé dans les réacteurs CPY 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 d'îlots plutonifères (PRI²) de « grande taille », pouvant atteindre un diamètre

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 B 440 546 018

¹ Mélange d'oxydes constitué de dioxyde de plutonium (PuO₂) et de dioxyde d'uranium appauvri (UO₂).

² Pu rich island (îlot riche en plutonium).

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 pendant le fonctionnement normal du réacteur, en bas du cœur. Cette remontée de flux, générant un surcroît de puissance sur les premiers millimètres de la première pastille, est due à la présence en bas du cœur 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 catégorie (transitoires incidentels). Dans ces situations, la vérification du respect de l'exigence d'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 en bas de colonne fissile et de la présence d'îlots plutonifères de « grande taille » pour les réacteurs CPY 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 MOX. L'IRSN a souligné d'une part que la démonstration d'EDF nécessitait des compléments et des justifications supplémentaires et, d'autre part, que cette démonstration ne traitait que d'une partie des conséquences sur les études du rapport de sûreté. En effet, la présence d'un ressort au-dessus de la colonne fissile des crayons MOX conduit également à un phénomène de remontée de flux neutronique en partie haute de la colonne fissile, phénomène non étudié par l'exploitant. EDF s'est engagé à compléter sa démonstration pour prendre en compte le phénomène de remontée de flux neutronique aux deux extrémités de la colonne fissile des crayons de combustible MOX et ses conséquences.

Cette expertise réalisée par l'IRSN 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 en haut et bas de colonne fissile en cas de transitoires incidentels pour tous les réacteurs exploités en gestion de combustible PARITÉ MOX.

En conséquence, EDF a mis en œuvre, depuis avril 2019, comme mesure compensatoire pour la remontée de flux en partie basse, une modification de la chaîne de protection contre les surpuissances sur tous les réacteurs concernés, dans l'attente de la mise en place d'une modification de conception des crayons de combustible MOX (engagée par EDF). Pour pallier le phénomène de remontée de flux en partie haute des crayons de combustible MOX, et dans l'attente d'une modification de conception des crayons, EDF a déposé fin décembre 2019 une demande d'autorisation auprès de l'ASN portant sur la mise en œuvre d'une mesure compensatoire consistant en une sur-insertion des grappes d'arrêt et des groupes de

compensation de puissance³ à 222 pas en fonctionnement normal. À cet égard, l'IRSN a considéré comme acceptable cette mesure compensatoire dans son avis en référence [4], ce qui a conduit à la décision de l'ASN en référence [5].

Par ailleurs, en mai 2019, EDF a déclaré un nouvel évènement anormal affectant la fabrication du combustible MOX, en lien avec la présence de PRI non-conformes, malgré les actions correctives précédemment mises en place à l'usine de fabrication MELOX d'ORANO. À la demande de l'ASN [6], EDF a transmis les éléments justifiant le respect des critères de sûreté en considérant les caractéristiques de ces PRI pour l'ensemble des réacteurs du palier CPY en gestion PARITE MOX à l'état correspondant à leur troisième visite décennale (VD3) et également pour le réacteur n°1 du CNPE du Tricastin dans le référentiel VD4 900⁴. Dans son avis en référence [7], l'IRSN n'a pas émis de réserve sur la démonstration de sûreté apportée par EDF en vue du redémarrage du réacteur n°1 du CNPE du Tricastin pour son cycle 37, consécutif à sa quatrième visite décennale. Toutefois, en décembre 2019, un nouvel évènement anormal de fabrication du combustible MOX (M2019-20) a été déclaré par EDF, toujours en lien avec la présence de PRI non-conformes mais de taille supérieure à celle évaluée en mai 2019.

Ainsi, par lettre citée en référence [1], l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur la démonstration de sûreté apportée pour le cycle 33 du réacteur n°5 du CNPE de Gravelines en considérant le cumul de l'anomalie de remontée de flux aux extrémités de colonne fissile du combustible MOX et l'évènement anormal de fabrication M2019-20.

Caractérisation de l'évènement M2019-20 et PRI enveloppe

Les examens réalisés concluent que le volume de PRI détecté en décembre 2019 est supérieur à celui des PRI de l'évènement de mai 2019 mais que la teneur en plutonium de l'îlot est plus faible. Par ailleurs, EDF a indiqué que cette anomalie de fabrication concerne l'ensemble des pastilles de combustible MOX ayant été produites par l'usine de MELOX.

Dans son analyse de sûreté pour le cycle 33 du réacteur n°5 de Gravelines, EDF retient le même PRI que celui utilisé pour justifier la sûreté du réacteur n°1 du Tricastin [7]. L'IRSN estime ceci satisfaisant dans la mesure où ses caractéristiques sont effectivement plus

³ Les grappes de commande constituées de crayons d'absorbants neutroniques s'insèrent dans certains assemblages de combustible constituant le cœur du réacteur. Elles sont réparties en grappes de régulation et en grappes d'arrêt, pour former le « schéma de grappes » du réacteur. Les grappes de régulation (groupes de compensation de puissance et groupe de régulation de la température) permettent de compenser les variations rapides de réactivité liées au pilotage du réacteur lorsqu'il est en puissance et de contrôler la répartition de la puissance dans le cœur. Les grappes d'arrêt contribuent à la maîtrise de la réactivité lors des états d'arrêt et sont en position haute lorsque le réacteur est en production, pour constituer une réserve d'anti-réactivité. En cas de besoin, l'activation de l'arrêt automatique du réacteur (AAR) provoque rapidement la chute de toutes les grappes par gravité pour arrêter les réactions nucléaires en chaîne et réduire ainsi rapidement la puissance produite dans le cœur du réacteur.

⁴ Dans le cadre du réexamen périodique de sûreté associé aux quatrième visites décennales (VD4) des réacteurs de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible PARITÉ MOX (dont le réacteur n°1 du Tricastin est le réacteur tête-de-série), EDF a notamment réexaminé l'ensemble des études d'accidents. À cette occasion, et conformément aux demandes de l'ASN effectuées dans le cadre des orientations associées aux VD4 900 [7], EDF a pris en compte des phénomènes physiques avérés mais non considérés jusqu'alors dans les études, et qui sont susceptibles de réduire les marges de sûreté. C'est notamment le cas de la déformation latérale des assemblages de combustible attendue en fonctionnement normal qui conduit à plusieurs effets, notamment à une augmentation de la puissance neutronique des crayons en périphérie de certains assemblages de combustible.

pénalisantes que celles du PRI observé lors de l'évènement de décembre 2019 et que celles issues du retour d'expérience de l'usine de MELOX présenté par EDF en janvier 2020.

Démonstration de sûreté en vue du démarrage du réacteur n° 5 du CNPE de Gravelines

En transitoires incidentels (catégorie 2), l'intégrité des crayons de combustible doit être assurée, ce qui passe par une démonstration de l'absence de fusion du combustible au sein des pastilles. Or, le risque de fusion est amplifié par la présence de PRI. À cet égard, EDF a réalisé une analyse en deux étapes consistant :

- à déterminer la puissance linéique à fusion⁵ en considérant des caractéristiques enveloppes du PRI de l'évènement M2019-20. Ce calcul est réalisé avec un logiciel de thermique du combustible ;
- puis à vérifier que la puissance linéique atteinte en transitoires incidentels au point chaud du cœur ne dépasse pas la puissance linéique à fusion déterminée précédemment. La puissance linéique atteinte est évaluée à l'aide d'un logiciel de neutronique.

Cette démonstration doit être apportée sur toute la hauteur de la colonne combustible (bas, milieu et haut de colonne fissile).

Les évaluations des puissances linéiques à fusion en présence de PRI ayant été réalisées à l'aide du logiciel d'évaluation thermique utilisé pour la démonstration de sûreté du réacteur n° 1 du Tricastin, les conclusions de l'avis en référence [7] sont reconduites. **L'IRSN estime ainsi acceptables les puissances linéiques à fusion calculées.**

EDF a analysé les transitoires de catégorie 2 les plus limitatifs en termes de puissances linéiques maximales atteintes provenant des études VD3 900 CPY en gestion de combustible PARITE MOX en prenant en compte les spécificités du plan de chargement du cycle 33 du réacteur n° 5 de Gravelines et les effets bénéfiques des mesures compensatoires mises en œuvre pour limiter le phénomène de remontée de flux neutronique aux extrémités de la colonne fissile. L'étude d'EDF conclut au respect du critère d'absence de fusion du combustible pour les transitoires de catégorie 2 pour l'intégralité de la colonne fissile, avec des marges réduites, mais en prenant en compte une taille de PRI très enveloppe.

En conséquence, l'IRSN considère qu'EDF a apporté la démonstration du respect du critère d'absence de fusion du combustible en transitoires de catégorie 2 pour le cycle 33 du réacteur n° 5 du CNPE de Gravelines.

Conclusion

EDF a déclaré en décembre 2019 un nouvel évènement anormal affectant la fabrication du combustible MOX, en lien avec la présence d'îlots plutonifères non-conformes de plus grande taille que ceux de l'évènement de mai 2019, malgré les actions correctives mises en place à l'usine de fabrication MELOX d'ORANO.

⁵ Il s'agit de la puissance linéique de la pastille à partir de laquelle la température maximale atteinte dans la pastille dépasse la température de fusion du combustible.

L'IRSN estime que les résultats des analyses menées par EDF, en considérant les mesures compensatoires, un PRI enveloppe et les spécificités du plan de chargement du cycle 33 du réacteur n°5 de Gravelines, apportent la démonstration du respect du critère d'absence de fusion du combustible pour les transitoires de catégorie 2.

En conclusion, l'IRSN n'émet pas de réserve quant à la démonstration de sûreté apportée en vue du redémarrage du réacteur n°5 du CNPE de Gravelines pour son cycle 33 dans le référentiel VD3 900.

Pour le Directeur général et par délégation,
Olivier DUBOIS
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté