

Fontenay Aux Roses, le 17 octobre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00200

Objet : Réacteurs électronucléaires EDF - Spécifications radiochimiques des paliers CP0-Bugey, CPY, 1300 MWe et N4 – Modification des prescriptions relatives au ressuage à réaliser en cellule BK.

Réf. : [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2021-028313 du 15 juin 2021.
[2] Avis IRSN n° 2019-00165 du 16 juillet 2019.

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité de la demande de modification des prescriptions relatives au contrôle des assemblages de combustible destinés à être rechargés en réacteur, formulée par Électricité de France (EDF).

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

En fonctionnement normal, une contamination de l'eau du circuit primaire en produits radioactifs peut être observée lors de l'apparition, en cours de cycle, de défauts au niveau de la gaine des crayons de combustible, générant des inétanchéités de la première barrière de confinement. De plus, en présence de telles inétanchéités, l'activité du circuit primaire peut augmenter au cours des transitoires de puissance, qu'ils interviennent en exploitation normale ou en situation accidentelle. Cette augmentation de l'activité est due au relâchement dans l'eau du circuit primaire des produits radioactifs issus des crayons inétanches. Certaines situations accidentelles peuvent être à l'origine de rejets radioactifs dans l'environnement en cas de contamination du circuit primaire.

Les spécifications radiochimiques définissent les dispositions de surveillance et de conduite mises en œuvre pour maîtriser le niveau de radioactivité dans le circuit primaire et détecter les pertes d'intégrité de la première barrière de confinement constituée par la gaine des crayons des assemblages de combustible. Les paramètres suivis sont en particulier les activités dans l'eau du circuit primaire. Des mesures de surveillance accrue, d'arrêt du suivi de charge et, ultimement, d'arrêt du réacteur sont prescrites selon les niveaux d'activités mesurés. Lorsque certains critères sont atteints, les spécifications radiochimiques prescrivent en outre de déclarer le réacteur en « présomption de défaut » de gainage de combustible. Dans le cas où, en cours de cycle, le réacteur a été déclaré en présomption de défaut, les spécifications radiochimiques demandent de réaliser des opérations

de recherche d'assemblages non étanches (ANE). L'objectif de ces opérations est d'identifier le (ou les) assemblage(s) comportant un ou des crayons inétanches et de ne pas le (les) recharger dans le réacteur pour un cycle ultérieur.

Ces opérations de recherche d'ANE comportent un ressuage¹ lors du déchargement des assemblages de combustible (ressuage « au mât » de la machine de chargement) et, si le ressuage au mât n'a pas permis d'identifier le ou les assemblages défectueux à l'origine de la présomption de défaut, un ressuage dans la piscine d'entreposage des assemblages de combustible (piscine BK) de l'ensemble des assemblages destinés à être rechargés, au moyen d'une « cellule de ressuage », ce qui est une opération longue et contraignante pour l'exploitant qui implique notamment la manutention des assemblages de combustible.

Au cours du cycle 16 du réacteur n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité de Civaux en 2019, une présomption de défaut a été déclarée à la suite de l'atteinte du critère² « activité en ¹³³Xe supérieure à 1 000 MBq/t » et attribuée à une contamination résiduelle importante de l'eau du circuit primaire générée par une dissémination³ de matière fissile survenue au cours du cycle précédent. Cet événement a donné lieu à une demande d'EDF de déroger à la prescription de réaliser un ressuage dans la piscine BK dans le cas où le ressuage au mât ne conduirait pas à détecter d'ANE, ce qui fut le cas. Cette demande de dérogation a été analysée par l'IRSN dans son avis en référence [2] et acceptée par l'ASN sous réserve de ne pas détecter de pics d'activité en ¹³¹I ou en ¹³³Xe lors de la phase de mise à l'arrêt. Par la suite, aucune indication d'ANE n'a été mise en évidence au redémarrage du réacteur et pendant le cycle suivant.

Sur les quelques 1 100 cycles réalisés au cours de la période 1995-2019⁴, 12 autres cycles ont été déclarés en présomption de défaut sur ce seul critère d'activité en ¹³³Xe supérieure à 1 000 MBq/t. Ces situations sont donc peu fréquentes.

À la suite notamment de ce retour d'expérience, EDF souhaite modifier les modalités d'exploitation autorisées des réacteurs électronucléaires de 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe (N4) vis-à-vis des prescriptions relatives au ressuage à réaliser pour les cycles déclarés en présomption de défaut sur le seul critère d'activité en ¹³³Xe supérieure à 1 000 MBq/t.

1.2. DOSSIER D'EDF

Le dossier transmis par EDF comporte la fiche d'amendement aux spécifications radiochimiques qui décrit la modification demandée par EDF des prescriptions relatives au ressuage à réaliser en piscine BK. Cette modification vise, dans le cas particulier où **la présomption de défaut est atteinte sur le critère ¹³³Xe > 1 000 MBq/t uniquement et où le ressuage au mât de la machine de chargement n'a pas conduit à la détection d'un ou plusieurs assemblages défectueux**, à permettre de ne pas réaliser de contrôle par ressuage en cellule dans le bâtiment combustible de l'ensemble des assemblages destinés à être rechargés si une analyse approfondie des paramètres radiochimiques au cours du cycle et lors de la mise à l'arrêt à froid du réacteur ne fait apparaître aucun indice de la présence d'un défaut.

¹ Le ressuage consiste à mesurer le relâchement de produits de fission issus d'une inétanchéité d'un assemblage combustible soumis à une variation de pression ou de température.

² Il existe d'autres critères qui conduisent à déclarer le réacteur en présomption de défaut, basés sur l'activité en ¹³³Xe, le rapport des activités ¹³³Xe/¹³⁵Xe ou la présence d'un pic d'activité en ¹³¹I ou en ¹³³Xe lors des transitoires. Ces critères n'ont pas été atteints lors de l'événement survenu à Civaux.

³ La dissémination de matière fissile à l'extérieur des gaines de combustible conduit à des fissions, en quantité relativement limitée, directement dans l'eau du circuit primaire. Les isotopes radioactifs à vie courte (¹³⁴I par exemple) conduisent alors à une forte activité, prédominante par rapport aux isotopes à vie longue.

⁴ Période pour laquelle les données disponibles sont en nombre suffisant pour garantir la représentativité et la qualité des analyses.

Au cours de l'expertise, EDF a précisé que cette analyse approfondie, qui sera décrite dans un guide d'accompagnement, prend en considération :

- 1) la présence d'une contamination du circuit primaire, notamment en présence d'une dissémination de matière fissile confirmée en fin d'un cycle précédent ;
- 2) l'évolution de l'activité des gaz de fission en fonctionnement stabilisé ;
- 3) l'absence de pic d'activité en ^{131}I ou en ^{133}Xe en transitoire de puissance et lors du transitoire de mise à l'arrêt jusqu'à l'ultime dépressurisation ;
- 4) les résultats de la caractérisation des assemblages de combustible par ressuage au mât de la machine de chargement.

1.3. SAISINE DE L'ASN

L'ASN sollicite, par la saisine en référence [1], l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité de la modification demandée, en intégrant le retour d'expérience de la demande de modification temporaire des règles générales d'exploitation faite par le centre nucléaire de production d'électricité de Civaux en 2019.

2. SYNTHÈSE DE L'EXPERTISE DE L'IRSN

Une synthèse de l'expertise menée par l'IRSN des différents volets de l'analyse approfondie proposée par EDF et de ses principales conclusions est présentée dans les paragraphes ci-après.

2.1. PRÉSENCE D'UNE CONTAMINATION RÉSIDUELLE DANS LE CIRCUIT PRIMAIRE

EDF souligne que, même en l'absence de perte d'intégrité du combustible, une activité volumique élevée en ^{133}Xe dans l'eau du circuit primaire principal (CPP) peut être observée au cours d'un cycle en cas de contamination antérieure du CPP par de la matière fissile si celle-ci est exposée à un flux de neutrons. EDF propose ainsi d'inclure dans son analyse l'identification d'une dissémination de matière fissile, sur au moins un des trois cycles antérieurs au cycle analysé.

L'IRSN considère que l'identification d'une dissémination (*via* la mesure d'activité en ^{134}I) précédant le cycle analysé est primordiale dans l'analyse approfondie que propose EDF et à ce titre devrait être identifiée comme relevant des spécifications techniques d'exploitation (STE), ce à quoi EDF s'est engagé (voir l'engagement n° 1 présenté en annexe 2). Elle ne permet cependant pas d'exclure une perte d'intégrité du combustible en cours de cycle.

2.2. RECHERCHE D'UNE ÉVENTUELLE PERTE D'INTÉGRITÉ DU COMBUSTIBLE POUR LE CYCLE EN COURS

La recherche d'une éventuelle perte d'intégrité du combustible au cours du cycle pour lequel il y a eu présomption de défaut sur atteinte du seul critère $^{133}\text{Xe} > 1\,000\text{ MBq/t}$ est réalisée au moyen de l'analyse approfondie des mesures de la radiochimie de l'eau du circuit primaire et des résultats du ressuage au mât.

Comportement des gaz de fission en fonctionnement stabilisé

EDF vérifie le respect d'un critère sur les rapports des activités en ^{133}Xe et ^{135}Xe sur l'ensemble du cycle en fonctionnement stabilisé pour s'assurer de l'absence de perte d'intégrité de la gaine. En effet, dans le cas d'une contamination provenant d'un cycle antérieur avec un défaut disséminant, l'activité dans le CPP des isotopes à vie longue est inférieure à celle des isotopes à vie courte (les fissions ayant lieu directement dans l'eau du circuit primaire) ; en particulier, l'activité en ^{133}Xe est inférieure à l'activité en ^{135}Xe .

L'IRSN considère que l'analyse du rapport des activités $^{133}\text{Xe}/^{135}\text{Xe}$ est pertinente. En particulier, le retour d'expérience montre que la présence d'un défaut de combustible en cas de non-respect du critère retenu est rare (8 cas sur environ 1100 cycles au cours de la période 1995-2019).

EDF examine également l'évolution de la fraction de l'activité en ^{133}Xe dans la somme des activités des gaz (krypton et xénon), une perte d'intégrité du combustible pouvant conduire à une augmentation de cette fraction.

L'IRSN convient qu'une augmentation de la fraction de l'activité en ^{133}Xe dans la somme des activités des gaz peut théoriquement être révélatrice de l'apparition d'une perte d'intégrité de la gaine du combustible en cours de cycle, mais souligne que, d'après le retour d'expérience, une valeur basse de ce paramètre ne constitue pas un indicateur fiable de l'absence d'assemblage inétanche.

L'IRSN estime donc nécessaire qu'EDF fasse une utilisation prudente, cohérente avec le retour d'expérience, de ce rapport des activités.

Plus généralement, l'IRSN considère qu'EDF devrait préciser les modalités d'utilisation des activités caractéristiques du comportement des gaz de fission en fonctionnement stabilisé pour statuer sur la nécessité de réaliser ou non un ressuage en cellule du bâtiment combustible, ce à quoi EDF s'est engagé (voir l'engagement n° 2 présenté en annexe 2).

Absence de pic d'activité en transitoire de puissance et lors du transitoire de mise à l'arrêt

En présence d'un défaut de gainage, la modification des conditions physico-chimiques (pression, température, modification du jeu pastille gaine, lessivage...) peut conduire à des pics d'activité en ^{131}I et en ^{133}Xe . Afin de vérifier l'intégrité de la gaine, EDF réalise ainsi également un suivi des activités du ^{133}Xe et de l' ^{131}I lors des transitoires de puissance programmés ainsi que lors de la mise à l'arrêt à froid pour rechargement.

L'IRSN considère que la détection de pics d'activité en ^{131}I ou en ^{133}Xe en transitoire est un indicateur fiable de la présence d'un assemblage non étanche. Le retour d'expérience montre cependant que, pour une certaine proportion des cycles avec assemblages inétanches (de l'ordre de 2%), aucun pic en transitoire n'a été détecté. L'IRSN estime qu'il est nécessaire d'une part de s'assurer d'avoir une fréquence de mesures radiochimiques suffisante lors des transitoires au cours du cycle pour vérifier l'absence de pic(s) en ^{131}I ou en ^{133}Xe , ce à quoi EDF s'est engagé (voir l'engagement n° 3 présenté en annexe 2) et, d'autre part, que les moyens adéquats soient mis en œuvre pour atteindre les activités les plus basses possibles en ^{133}Xe et en ^{131}I lors de la mise à l'arrêt du réacteur afin de favoriser la détection d'un éventuel pic d'activité, ce à quoi EDF s'est également engagé (voir l'engagement n° 4 présenté en annexe 2).

Mise en œuvre des contrôles par ressuage au mât

Le ressuage au mât de la machine de chargement constitue un moyen de détection des assemblages inétanches ou douteux relativement efficace avec un taux de fiabilité estimé à 95%. Néanmoins, le temps de mesure est un paramètre qui peut influencer la précision des résultats du ressuage car le retour d'expérience montre que les critères de détection d'un assemblage non étanche ou douteux peuvent n'être atteints qu'en fin de séquence de ressuage. Ce cas de figure a notamment été observé à la suite du cycle 14 du réacteur n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité de Civaux.

Dans la mesure où EDF souhaite ne pas réaliser de ressuage dans la piscine BK dans les situations de cycle en présomption de défaut atteinte sur le critère $^{133}\text{Xe} > 1\ 000\ \text{MBq/t}$ uniquement, l'IRSN estime que, afin d'avoir la raisonnable assurance de l'absence d'assemblage inétanche parmi ceux qui seront rechargés au cycle suivant, il est nécessaire que, pour ces situations EDF augmente la fiabilité de la détection du ressuage au mât en allongeant le temps de mesure. À ce titre, l'IRSN formule la recommandation en annexe 1.

3. CONCLUSION

Au terme de son analyse et à la lumière du retour d'expérience du parc en exploitation, l'IRSN considère que, compte tenu de l'analyse approfondie proposée par EDF et des engagements qu'il a pris au cours de l'expertise, la demande de modification des documents standards des spécifications radiochimiques transmise par EDF est acceptable sous réserve de la prise en compte de la recommandation formulée en annexe.

L'IRSN estime néanmoins qu'EDF devrait tracer les analyses approfondies qui seront réalisées et que, s'agissant d'une approche essentiellement basée sur le retour d'expérience, EDF devrait périodiquement la réexaminer afin notamment de vérifier l'adéquation des paramètres suivis vis-à-vis de l'objectif recherché de ne pas recharger de crayons inétanches en réacteur, ce à quoi EDF s'est engagé (voir l'engagement n° 5 présenté en annexe 2).

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00200 DU 17 OCTOBRE 2022

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que, pour les cycles avec une présomption de défaut de gainage du combustible détectée sur critère d'activité en $^{133}\text{Xe} > 1\,000\text{ MBq/t}$ uniquement, EDF augmente le temps de comptage lors des séquences de ressuage au mât de la machine de chargement afin d'augmenter la fiabilité de détection d'un éventuel assemblage inétanche.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00200 DU 17 OCTOBRE 2022

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement N° 1

Pour les réacteurs pour lesquels la présomption de défaut est déclarée sur le critère $^{133}\text{Xe} > 1000 \text{ MBq/t}$ uniquement, EDF inclura dans son analyse des paramètres radiochimiques l'identification d'une dissémination de matière fissile sur au moins un des trois cycles antérieurs au cycle analysé, et ajoutera ce point dans les spécifications radiochimiques caractérisées STE.

Engagement N° 2

EDF précisera les précautions d'utilisation des paramètres radiochimiques considérés dans l'analyse approfondie dans le guide d'accompagnement associé à la mise en application des documents standards des spécifications radiochimiques. En effet, le guide d'accompagnement permettra de bien illustrer les recommandations en présentant les exemples des cycles concernés par cette situation. Pour chaque paramètre à analyser, il est envisagé de présenter certaines courbes issues du retour d'expérience, à titre d'illustration de ce qui doit être observé et d'associer les conditions dans lesquelles doit se faire l'analyse.

Engagement N° 3

Le guide d'accompagnement associé au traitement du cas particulier des tranches déclarées en présomption de défaut sur la base du critère $^{133}\text{Xe} > 1000 \text{ MBq/t}$ uniquement regroupera les points d'attention à prendre en compte, et plus particulièrement concernant le suivi des transitoires en cours de cycle. Sur ce point et compte tenu du bénéfice qu'apporte le suivi radiochimique des transitoires d'arrêt pour démontrer l'absence de défaut d'étanchéité de la gaine, il sera stipulé dans le guide que le centre nucléaire de production d'électricité devra vérifier que les moyens sont anticipés et disponibles pour assurer le suivi radiochimique renforcé de tous les transitoires d'arrêt programmés ou anticipables au cours du cycle.

Engagement N° 4

Dans le cadre de l'élaboration du guide associé à la fiche d'amendement, EDF précisera qu'il faudra mettre en œuvre les moyens de dégazage et de purification adéquats pour atteindre les activités les plus basses possibles en ^{133}Xe et en ^{131}I avant la convergence du réacteur ainsi qu'en amont de chacune des dépressurisations, et ce, jusqu'à l'ultime dépressurisation.

Engagement N° 5

A l'instar des 13 cas issus du retour d'expérience (REX) ayant fait l'objet d'une analyse approfondie et qui sous-tendent et justifient la fiche d'amendement, EDF analysera les cas de REX qui pourraient se présenter à l'avenir, afin d'identifier si la démarche proposée dans le guide d'accompagnement et les paramètres suivis pour construire la démonstration sont toujours adéquats. Le cas échéant, ce guide sera mis à jour pour prendre en compte le REX des situations rencontrées sur les tranches.