

Fontenay-aux-Roses, le 26 juin 2015

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2015-00212

Objet : CEA/Cadarache

Réacteur Jules Horowitz (INB n° 172)

Réponse à l'engagement E Rad-3 pris à l'issue de l'examen du rapport préliminaire de sûreté

Réf. Lettre ASN CODEP-DRC-2012-038594 du 13 juillet 2012

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les éléments transmis par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) en réponse à son engagement E Rad-3, pris à l'issue de l'instruction du dossier d'autorisation de création du réacteur Jules Horowitz (RJH), relatif à la représentativité du spectre d'activité de l'eau primaire associé au seuil S2 : « *E Rad-3 : le CEA s'engage à justifier et compléter, sous un an, la représentativité du spectre d'activité de l'eau primaire associé au seuil S2, notamment en ce qui concerne les transuraniens.* »

Le RJH est un nouveau réacteur nucléaire de recherche de type piscine, refroidi à l'eau légère et utilisant du combustible à matrice et gainage aluminium (Al) sous forme de plaques, délivrant une puissance thermique de 100 MW. Le CEA prévoit dans un premier temps l'utilisation de combustible à base d' U_3Si_2 , et envisage à terme l'utilisation de combustible à base d'UMo, en vue d'obtenir des flux d'irradiation plus importants.

L'apparition d'une pollution du circuit primaire résultant notamment d'un ou plusieurs défauts d'étanchéité des plaques combustibles ne pouvant être exclue, le CEA prévoit une surveillance de l'activité du fluide primaire et l'arrêt immédiat du réacteur sur atteinte d'un seuil activité dénommé S2. Il est également à noter que le CEA retient le spectre d'activité associé à ce seuil pour l'évaluation des conséquences radiologiques d'un certain nombre d'accidents pris en compte dans la démonstration de sûreté.

Démarche d'élaboration du seuil S2

Le seuil d'activité S2 défini pour le RJH a été élaboré par transposition du taux de relâchement en produits de fission (PF), déterminé lors de l'essai expérimental EPSILON 7, d'une mini-plaque neuve de combustible U_3Si_2 délivrant une faible puissance surfacique (80 W/cm^2) et porteuse d'un défaut

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

d'étanchéité calibré. Ce seuil S2 a été établi de façon à ce que le réacteur puisse fonctionner en présence d'un défaut d'étanchéité d'une plaque combustible, jugé « raisonnablement enveloppe » par le CEA, de 7 mm² pendant 5 heures (sans franchissement de S2) avant l'arrêt du réacteur.

En tenant compte des éléments complémentaires apportés par le CEA lors de l'instruction, l'IRSN considère satisfaisante la démarche d'élaboration du seuil S2 à l'égard de cette taille de défaut et du délai de 5 heures après l'apparition du défaut, pris en compte pour le repli du réacteur.

Toutefois, l'IRSN estime que l'essai EPSILON 7 (plaque combustible neuve, faible puissance surfacique comparée à celle du RJH) pourrait ne pas représenter toute la phénoménologie de comportement de la microstructure du combustible et de relâchement des produits de fission pour des taux de combustion et une puissance de fonctionnement plus élevés représentatifs du RJH, que ce soit pour le combustible U₃Si₂, ou plus encore, pour le combustible UMo. En particulier, les conditions de fonctionnement du RJH pourraient favoriser la formation de zones poreuses dans la couche d'interaction se formant entre la matrice Al et les grains fissiles, pouvant piéger les PF et atténuer ainsi le signal de l'activité du circuit primaire. L'IRSN a de plus noté que le CEA ne prend en compte que le relâchement des PF par recul¹, alors que ce n'est pas forcément le seul mécanisme à considérer, en particulier pour le combustible UMo à taux de combustion élevé, pour lequel le relâchement des PF par éjection² pourrait ne plus être négligeable. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 formulée en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, l'IRSN a noté l'absence du ratio des surfaces de défaut (taille du défaut de la plaque RJH/taille du défaut de la plaque EPSILON) dans la formule de transposition au RJH du taux de relâchement³ à l'ouverture du défaut $(R/B)_{0,EPSILON}$, présentée dans la note relative à l'explicitation des seuils S1 et S2. Le CEA a confirmé en cours d'instruction que ce ratio était manquant dans la formule, mais qu'il a bien été considéré dans l'application numérique conduisant à l'élaboration du seuil S2. **L'IRSN en convient, mais considère néanmoins que le CEA devrait corriger la documentation associée. Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 en annexe du présent avis.**

En outre, le CEA retient la valeur de $8,8 \cdot 10^{-4}$ obtenue lors de l'essai EPSILON 7 pour le taux de relâchement $(R/B)_{0,EPSILON}$. Interrogé sur cette valeur au regard de la valeur de $1,8 \cdot 10^{-3}$ obtenue à partir du tracé présenté dans la note technique relative à l'évolution du relâchement des produits de fission en cas de perte d'étanchéité d'une plaque combustible, le CEA a indiqué lors de l'instruction que la valeur de $8,8 \cdot 10^{-4}$ était représentative d'une première série de mesures, réalisée le 11 août 1995 à 11h15 (en début d'irradiation), la valeur de $1,8 \cdot 10^{-3}$ étant obtenue lors d'une série de mesures réalisée 12 heures plus tard. Le tracé des fractions $(R/B)_i$ en fonction des constantes radioactives λ_i des différents PF_i à un instant donné étant révélateur de la nature du mécanisme de relâchement mis en jeu (fractions $(R/B)_i$ indépendantes des constantes radioactives λ_i pour un mécanisme de recul

¹ Un produit de fission (PF) peut être relâché par « recul » quand son énergie cinétique est suffisante pour permettre à celui-ci de parcourir une distance de quelques microns, distance lui permettant d'être relâché s'il est créé près d'une surface libre. Ce mécanisme de relâchement est indépendant de la période radioactive du PF.

² Le relâchement par « éjection » est dû au fait qu'un fragment de fission a assez d'énergie pour expulser par choc un PF qui aurait été sur son trajet, près d'une surface libre. Ce mécanisme de relâchement dépend de la période radioactive des PF, les PF à vie longue étant statistiquement plus susceptibles d'être éjectés puisque présents plus longtemps.

³ Le taux de relâchement (R/B) est le rapport du nombre d'atomes (R) relâchés par seconde dans le fluide primaire sur le nombre d'atomes (B) créés par seconde dans la matrice combustible à l'équilibre radioactif.

pur), l'examen d'un tracé équivalent obtenu le plus tôt possible, lors de la première évaluation de $(R/B)_0$, permettrait de justifier l'absence de prise en compte d'un mécanisme d'éjection, car le tracé ne serait pas pollué par la contribution d'une composante diffusionnelle (favorisant également le relâchement des radionucléides à vies longues) se développant quelques heures après le début de l'irradiation, comme cela est observé sur le tracé conduisant à la valeur de $1,8 \cdot 10^{-3}$. **Sans remettre en cause la valeur de $8,8 \cdot 10^{-4}$ finalement retenue pour le taux de relâchement à l'ouverture du défaut pour l'essai EPSILON 7, celle-ci conduisant au final à un seuil S2 plus bas que la valeur de $1,8 \cdot 10^{-3}$, l'IRSN formule néanmoins l'observation n°3 en annexe du présent avis.**

Spectre d'activité associé au seuil S2

L'IRSN estime acceptable l'absence de prise en compte des transuraniens dans le spectre d'activité primaire associé au seuil S2 dans la mesure où le retour d'expérience du programme d'essais EPSILON a montré que les grains de matière fissile ne se disséminaient pas dans l'eau.

Lors de la phase des études de développement du RJH (stade RPS), le CEA a défini, pour le dimensionnement des protections biologiques et l'évaluation des conséquences radiologiques, un seuil AD2, à la place du seuil S2 des études de définition du RJH (stade RPrS). Au stade RPS, le seuil S2 reste le seuil imposant l'arrêt du réacteur mais doit être inférieur au seuil AD2. **L'IRSN estime satisfaisante la démarche consistant à définir un seuil d'arrêt du réacteur inférieur au seuil d'activité retenu pour le calcul des conséquences radiologiques.**

Dans le spectre d'activité volumique de l'eau primaire au seuil AD2 transmis au cours de l'instruction, sont uniquement représentés les radionucléides ayant une activité supérieure à 10 MBq/m^3 . Les césiums 134 et 137, d'activités respectives 0,180 et 0,178 MBq/m^3 n'apparaissent donc pas dans ce tableau, mais le CEA précise que **l'intégralité du terme source est prise en compte dans le calcul des conséquences radiologiques des situations incidentelles et accidentelles. Ceci est satisfaisant.** Néanmoins, l'IRSN estime qu'il est nécessaire que le rapport de sûreté précise clairement les termes sources utilisés pour les calculs de conséquences radiologiques, afin d'éviter toute erreur ultérieure (en particulier lors de réexamens de sûreté ou de modifications de l'installation). **Ce point fait l'objet de la recommandation formulée en annexe du présent avis.**

Pour le Directeur général, par ordre,

Frédéric MÉNAGE

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Recommandation

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le CEA fasse figurer dans le rapport de sûreté le spectre associé au seuil AD2 incluant tous les radionucléides pris en compte dans le calcul des conséquences radiologiques, et notamment les césiums 134 et 137, au regard de la radiotoxicité de ces deux radionucléides.

Observations

Observation n° 1

L'IRSN note que le CEA prévoit de vérifier, sur la base des éléments disponibles à ce jour, la présence ou l'absence d'une évolution différentielle de la microstructure des grains de combustibles entre UMo et U_3Si_2 à fort taux de combustion qui pourrait remettre en cause la valeur du seuil S2. Lors de cette vérification, l'IRSN considère que le CEA devrait s'assurer que le recul est bien le seul mécanisme de relâchement de PF à prendre en compte.

Observation n° 2

L'IRSN considère que le CEA devrait mettre à jour la note relative à l'explicitation des seuils d'activité retenus pour la contamination de l'eau du circuit primaire (seuils S1 et S2) afin de prendre en compte le ratio des surfaces de défaut (taille du défaut de la plaque RJH/taille du défaut de la plaque EPSILON) dans la formule permettant de transposer au RJH le taux de relâchement à l'ouverture du défaut issu du programme EPSILON.

Observation n° 3

L'IRSN considère que le CEA devrait compléter la note relative à l'évolution du relâchement des produits de fission en cas de perte d'étanchéité d'une plaque combustible, en y présentant le tracé du taux de relâchement en fonction de la constante de décroissance radioactive du radionucléide considéré, mesuré au tout début de l'irradiation (soit à 11h15 le 11 août 1995) afin de justifier la valeur de $8,8.10^{-4}$ retenue pour l'essai EPSILON 7 et l'absence de prise en compte d'un mécanisme de relâchement des PF par éjection.