

Fontenay-aux-Roses, le 30 juin 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00220

Objet : Établissement AREVA NC de La Hague
Usines UP3-A (INB n° 116) et UP2-800 (INB n° 117)
Prise en compte de la tolérance associée à la teneur massique en plutonium et américium des assemblages combustibles MOX irradiés

- Réf.
1. **Lettre ASN CODEP-DRC-2017-017806 du 5 mai 2017**
 2. Arrêté du 26 avril 2004 autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à recevoir, à décharger, à entreposer et à traiter dans l'usine UP3-A des assemblages combustibles MOX irradiés, avec un taux de combustion au plus égal à 55 GWj.t⁻¹ et une teneur massique en plutonium et américium au plus égale à 8,65 % avant irradiation
 3. Arrêté du 22 mars 2004 autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à recevoir, à décharger, à entreposer et à traiter dans l'usine UP2-800 des assemblages combustibles MOX irradiés, avec un taux de combustion au plus égal à 55 GWj.t⁻¹ et une teneur massique en plutonium et américium au plus égale à 8,65 % avant irradiation

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande transmise par AREVA NC, en mars 2016, de modification des critères d'acceptation, dans les usines du site de La Hague, des combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) irradiés dans des réacteurs de la filière à eau sous pression (REP). Cette modification vise à prendre en compte la tolérance de fabrication, de $\pm 0,13$ %, retenue pour la teneur massique en plutonium et en américium (ratio (Pu+Am)/(Pu+Am+U)) des pastilles combustibles.

Comme précisé dans la lettre précitée, l'IRSN a examiné les conséquences de cette modification sur les dispositions de sûreté retenues pour les opérations de réception, déchargement et entreposage des assemblages combustibles, ainsi que la faisabilité de leur traitement.

Pour rappel, les arrêtés cités en deuxième et troisième références autorisent la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement dans les usines UP3-A et UP2-800 d'assemblages combustibles MOX, de taux de combustion maximal de 55 GWj.t⁻¹ et de teneur massique en plutonium et américium maximale de 8,65 % avant irradiation. La demande d'AREVA NC vise donc à augmenter cette teneur maximale à 8,78 %.

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 8 440 546 018

1 RECEPTION, DECHARGEMENT ET ENTREPOSAGE DES COMBUSTIBLES

Les opérations de réception, déchargement et entreposage en piscine des combustibles MOX de teneur en plutonium et américium maximale de 8,78 % (dénomés par la suite MOX-8,78 %) sont identiques à celles actuellement mises en œuvre dans l'atelier NPH. Elles ne nécessitent pas de modification d'équipement ou d'installation.

En dehors de la prévention des risques de criticité, traitée ci-après, l'exploitant analyse l'incidence de l'évolution de la teneur massique en plutonium et en américium sur la maîtrise des risques dans l'atelier NPH en comparant les caractéristiques des combustibles MOX-8,78 % à celles des combustibles UOX et MOX déjà autorisés. Ceci est fait en considérant les combustibles dits de référence des analyses de sûreté (hors risques de criticité), c'est-à-dire ceux présentant le taux de combustion maximal et le temps de refroidissement minimal. Ainsi, l'évolution des caractéristiques entre les combustibles de référence étant très faible, l'exploitant conclut que les démonstrations de sûreté relatives à l'atelier NPH restent adaptées.

Ceci n'appelle pas de remarque.

1.1 Prévention des risques de criticité

L'exploitant justifie la prévention des risques de criticité lors des opérations de réception et de déchargement des combustibles en s'appuyant notamment sur l'étude de criticité réalisée dans le cadre du dossier de sûreté de l'emballage de transport TN112. Cette étude montre en particulier la sous-criticité de la configuration correspondant à la chute d'un assemblage MOX lors de son déchargement sous eau, entraînant l'expansion du réseau de crayons dans une alvéole de l'emballage. Elle considère des assemblages combustibles MOX REP de type 17x17, de teneur en plutonium et américium égale à 10,20 % et contenant au moins 254 crayons (soit au plus 10 crayons manquants).

Par ailleurs, dans le référentiel de sûreté de l'atelier NPH, l'entreposage en piscine des combustible MOX fait l'objet d'une étude de criticité définissant de manière générale les paramètres des combustibles pour lesquels la prévention des risques de criticité est assurée (notamment le rapport $^{240}\text{Pu}/\text{Pu}_{\text{tot}}$ minimal en fonction de la teneur maximale en plutonium fissile). Cette note justifie la sous criticité de l'entreposage des combustibles MOX-8,78 % de type 17x17 contenant au moins 254 crayons (au plus 10 crayons manquants).

Ces études n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

L'exploitant a transmis au cours de l'instruction un projet de révision des règles générales d'exploitation (RGE) de l'atelier NPH intégrant les combustibles MOX-8,78 %. A cet égard, la démonstration relative aux opérations de réception et déchargement des combustibles étant spécifique aux assemblages de type 17 x 17, **l'IRSN estime que cette restriction devra être formalisée dans les RGE. Ce point fait l'objet d'une recommandation présentée en annexe au présent avis.**

2 FAISABILITE DU TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES MOX-8,78 %

Depuis la mise en service de l'usine UP2-800, quatre campagnes de traitement de combustibles MOX (dites MOX D1 à D4) ont été effectuées. La teneur maximale en plutonium et américium des combustibles MOX traités a augmenté au fur et à mesure des campagnes, pour atteindre 7,21 % (MOX D4).

Pour le traitement des combustibles MOX-8,78 %, l'exploitant reconduit les adaptations des conditions de dissolution des combustibles utilisées pour ces quatre campagnes (augmentations de l'acidité de la solution d'attaque et de la durée de la dissolution, empoisonnement de la solution par du gadolinium). Pour rappel, la solution de dissolution des combustibles MOX obtenue est ajustée avec des solutions de nitrate d'uranyle de manière à respecter les domaines de fonctionnement des unités d'extraction et de purification ainsi que les spécifications des produits finis.

2.1 Retour d'expérience des campagnes MOX D1 à D4

Globalement, le retour d'expérience des campagnes MOX montre un comportement du procédé conforme à l'attendu, concernant notamment les caractéristiques des matières (produits de fission, uranium et plutonium).

Nonobstant, lors de la campagne MOX D4, la fraction de plutonium non dissous a été nettement plus importante que lors des autres campagnes. L'incidence sur la sûreté de ce phénomène est examinée au § 2.2.1 du présent avis.

2.2 Analyse relatives à la prévention des risques autres que la criticité

L'acidité de la solution d'attaque utilisée pour la dissolution des combustibles MOX dépasse celle retenue pour la conception des équipements au regard de leur corrosion. Pour les campagnes MOX D1 à D4, cette augmentation d'acidité, restée ponctuelle, était sans incidence sur la vitesse de corrosion des équipements. Dans le cadre de la demande objet du présent avis, qui a un caractère générique, l'exploitant indique que la vitesse de corrosion de l'acier inoxydable de la roue du dissolvant, évaluée lors d'essais dans des conditions d'acidité et de concentration en espèces oxydantes enveloppes de celles correspondantes au traitement des combustibles MOX, est du même ordre que celle estimée à partir des mesures réalisées dans le cadre des réexamens périodiques de la sûreté des ateliers R1 et T1. En outre, ces mesures seront poursuivies pour un fonctionnement intégrant les éventuelles campagnes de traitement de combustibles MOX, permettant un suivi des phénomènes de corrosion. Aussi, l'exploitant conclut que les risques liés à la corrosion sont maîtrisés. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Les opérations de traitement des combustibles MOX-8,78 % sont identiques à celles des campagnes MOX précitées. Aussi, en dehors de la prévention des risques de criticité abordée ci-après, pour évaluer les conséquences potentielles sur la sûreté de ce traitement, l'exploitant compare les caractéristiques des combustibles MOX-8,78 % avec celle des combustibles UOX et MOX déjà traités. En définissant un temps de refroidissement minimal de 10 ans des combustibles MOX-8,78 % avant traitement, l'exploitant montre que les caractéristiques de ces combustibles sont comparables à celles des combustibles de la campagne MOX D4 ou de combustibles UOX déjà traités, excepté pour ce qui concerne l'activité alpha spécifique, la puissance thermique et l'émission neutronique du plutonium.

Sur ce point, pour l'atelier R1, du fait des concentrations en produits de fission des matières et des solutions, la contribution du plutonium aux valeurs considérées dans les analyses des risques liés aux rayonnements ionisants, aux dégagements thermiques et à la radiolyse sont très faibles. Aussi, l'exploitant estime que les conclusions de ces analyses restent pertinentes pour le traitement des combustibles MOX-8,78 %. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Dans les ateliers situés en aval de l'atelier R1, les solutions de dissolution des combustibles MOX sont ajustées afin notamment d'assurer le respect des exigences de sûreté relatives aux solutions traitées.

2.2.1 Risques de criticité

Compte tenu de l'ajustage des solutions de dissolution, le traitement des combustibles MOX-8,78 % modifie uniquement l'analyse des risques de criticité de l'atelier R1. Les points sensibles liés à ce traitement sont la justification de la sous-criticité de la trémie goulotte/godet, compte tenu de l'augmentation de la teneur en plutonium des combustibles, et les quantités potentiellement plus importantes de plutonium dans les fines et les coques.

Trémie goulotte/godet

Cette trémie est située entre la goulotte de transfert des tronçons de crayons depuis la cisaille et les godets du dissolvant. En exploitation, elle est partiellement remplie par la solution de dissolution. En fonctionnement normal, la matière fissile ne fait que transiter dans cette trémie. Toutefois, il est considéré dans l'analyse des risques de criticité un scénario incidentel postulant la présence d'une quantité significative de matières fissiles dans cette trémie du fait notamment de son engorgement par des tronçons de crayons.

Cette trémie n'étant pas de géométrie sûre, pour le traitement des combustibles MOX-8,78 %, l'exploitant retient, pour la partie émergée, un mode de contrôle de la criticité par la limitation de la masse et de la modération. La sous-criticité de la partie immergée est assurée du fait de l'empoisonnement de la solution de dissolution par du gadolinium. **L'IRSN estime que l'absence de modération des matières potentiellement accumulées au niveau de la partie émergée de la trémie goulotte/godet n'est pas garantie, compte tenu notamment de la présence de vapeurs se condensant dans cette zone.**

A cet égard, le système de surveillance de la trémie permet de détecter un engorgement représentant une masse de l'ordre de 20 kg de combustibles pour un assemblage REP 17x17. Cette valeur est proche de la masse minimale critique d'un réseau de crayons MOX-8,78 % non irradiés modéré par de l'eau (21,6 kg). **Toutefois, l'IRSN considère que la sous-criticité de la trémie n'est pas mise en cause, compte tenu des marges de sûreté liées à la baisse de réactivité des combustibles avec leur irradiation. L'IRSN estime que formellement l'exploitant devrait compléter sa démonstration de la prévention des risques de criticité dans la trémie goulotte/godet en tenant compte de ce point. Ceci fait l'objet d'une observation en annexe au présent avis.**

Insolubilité du PuO₂

L'augmentation de la teneur initiale en plutonium des combustibles MOX traités entraîne la hausse de la fraction de plutonium non dissoute, et donc de la fraction de plutonium entraînée dans les fines de cisailage et dissolution ainsi que dans les coques (tronçons des crayons après l'opération de dissolution). Ce phénomène a particulièrement été observé lors de la campagne MOX D4.

S'agissant des coques, ce phénomène n'a pas conduit à des difficultés particulières, notamment dans la constitution des colis de déchets.

Pour les fines, le mode de contrôle de la criticité retenu pour les cuves d'entreposage de ces dernières est basé sur un rapport (H/Pu) minimal associé le cas échéant à un rapport (¹⁰³Rh/Pu) minimal.

Pour estimer les caractéristiques des fines issues des combustibles MOX-8,78 %, l'exploitant retient une insolubilité initiale (avant irradiation) du plutonium de 1 % et, après irradiation, un gain d'un facteur 10 sur cette insolubilité initiale (taux d'effacement). Sur cette base, la maîtrise du rapport (H/Pu) pourrait ne pas être suffisante pour justifier la sous-criticité. Dans ce cas, le rapport minimal (¹⁰³Rh/Pu) garantissant la sous-criticité sera déterminé en fonction du rapport H/Pu mesuré et contrôlé en préalable au transfert des fines dans les cuves d'entreposage.

A cet égard, pour la campagne MOX D4, la teneur en plutonium mesurée dans les fines a été environ quatre fois supérieure à celle obtenue lors du traitement de combustibles UOX et des campagnes MOX D1 à D3. Ceci s'explique en partie par la teneur initiale en plutonium plus importante des combustibles MOX D4. En outre, le test d'insolubilité initiale réalisé pour les combustibles MOX-D4 (acide nitrique à 10 mol.L⁻¹ pendant 10 h à ébullition) était plus « agressif » que celui utilisé pour les combustibles des campagnes MOX-D1 à D3. Ceci a conduit à sous-estimer l'insolubilité initiale du plutonium des combustibles MOX D4. A cet égard, les combustibles de la campagne MOX D4 ont été fabriqués à partir d'un procédé pour lequel il est constaté expérimentalement une plus forte insolubilité du plutonium que celle obtenue avec le procédé de fabrication des combustibles MOX D1 à D3. **Aussi, l'IRSN estime que, notamment pour les combustibles peu irradiés, l'existence d'un couple (H/Pu, ¹⁰³Rh/Pu) assurant la sous criticité de l'entreposage des fines de dissolution n'est pas acquise.**

En conséquence, lors de l'instruction, l'exploitant a indiqué que les combustibles MOX-8,78 % reçus devront présenter une insolubilité initiale du plutonium avant irradiation, mesurée dans l'acide nitrique à 10 mol.L⁻¹ pendant 10 h à ébullition, au plus égale à 1 % en masse et présenter un taux de combustion minimal de 30 GWj.t⁻¹. Selon lui, ceci garantit l'existence de couples (H/Pu, ¹⁰³Rh/Pu) assurant la prévention des risques de criticité lors de l'entreposage des fines. **Ceci n'appelle pas de remarque. L'IRSN recommande que l'exploitant fixe dans les RGE de l'atelier R1 ces contraintes. Ceci fait l'objet d'une recommandation en annexe au présent avis.**

3 CONCLUSION

Des documents examinés, l'IRSN estime que les dispositions de sûreté présentées pour la réception, le déchargement et l'entreposage des combustibles MOX 8,78 % de type 17x17 sont adaptées.

Pour ce qui concerne le traitement de ces combustibles, l'IRSN considère que sa faisabilité est justifiée sous réserve du respect des spécifications présentées dans la recommandation formulée en annexe au présent avis.

En outre, l'exploitant devrait tenir compte de l'observation présentée en annexe au présent avis.

Pour le directeur général, par délégation,

Igor LE BARS,

Adjoint au Directeur de l'Expertise de Sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2017-00220 du 30 juin 2017

Recommandation

L'IRSN recommande que l'exploitant indique dans les RGE :

- de l'atelier NPH, que la réception et l'entreposage des combustibles MOX-8,78 % sont limités aux assemblages de type 17x17 ;
- de l'atelier R1, que les combustibles MOX-8,78 % traités présentent :
 - une insolubilité initiale du plutonium avant irradiation, mesurée dans l'acide nitrique à 10 mol.L⁻¹ pendant 10 h à ébullition, au plus égale à 1 % en masse,
 - un taux de combustion minimal de 30 GWj.t⁻¹.

Observation

L'IRSN estime que l'exploitant devra revoir la démonstration de la maîtrise des risques de criticité dans la trémie goulotte/godet en considérant une modération quelconque de la matière, quelle que soit la zone considérée, et le cas échéant l'irradiation des combustibles.