

Fontenay-aux-Roses, le 10 septembre 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-00242

Objet : Transport - Extension - Emballage TN 24 BH chargé d'assemblages combustibles irradiés.

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-DTS-2018-000839 du 11 janvier 2018
2. Lettre ASN CODEP-DTS-2018-021580 du 14 mai 2018
3. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012

Par les lettres citées en première et deuxième références, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les demandes d'extension d'agrément présentées par la société ORANO TN pour le modèle de colis TN 24 BH, en tant que colis de type B(U) pour matière fissile.

Ces demandes concernent le transport, par voies routière, fluviale et ferroviaire, de l'emballage TN 24 BH chargé d'assemblages combustibles, à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau bouillante (REB). Ce modèle de colis est utilisé également pour l'entreposage de ces assemblages combustibles irradiés en Suisse.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant en appui à ces demandes ont été expertisées par l'IRSN au regard des exigences applicables de la réglementation citée en troisième référence. De cette expertise, qui tient compte des informations complémentaires transmises au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1 CONTEXTE

L'emballage TN 24 BH, de forme générale cylindrique, est constitué par un corps, des capots amortisseurs fixés à chacune des extrémités de ce corps et des couronnes en aluminium placées autour du corps. Le corps est formé d'une virole et d'un fond en acier de forte épaisseur. Il est fermé par deux couvercles indépendants fixés sur la partie supérieure de la virole (conception à double barrière d'étanchéité). Ces couvercles sont munis chacun d'un orifice obturé par une tôle. De la résine, limitant l'intensité des rayonnements ionisants autour du colis, est placée au niveau du fond, de la virole ainsi que dans le couvercle « primaire ».

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

La cavité interne de l'emballage accueille un panier en aluminium, en aluminium boré et en acier, délimitant des logements. Il existe trois types de panier (dits options 1, 2 et 3) présentant 65 ou 69 logements chargés chacun d'au plus un assemblage combustible.

Dans le cadre des présentes demandes d'extension d'agrément, le requérant :

- introduit deux nouveaux types d'assemblages combustibles irradiés à base d'oxyde d'uranium (dits REB22 et REB23) chargés dans un panier à 69 logements ;
- définit un contenu « radioactif maximal » via un système d'inéquations afin de démontrer la conformité du modèle de colis TN 24 BH aux exigences de radioprotection définies dans le règlement de transport cité en troisième référence ;
- Introduit une nouvelle nuance d'aluminium boré « type 3 » pour les paniers des options 1 et 2.

Ces modifications ont principalement des conséquences sur les démonstrations du comportement mécanique et thermique du colis, sur la justification du respect des exigences de radioprotection ainsi que sur la démonstration de la maîtrise des risques de criticité.

2 COMPOTEMENT MECANIQUE DU COLIS

Le requérant a mis à jour l'étude du comportement mécanique du colis dans les configurations de chute libre d'une hauteur de 9 m simulant les conditions accidentelles de transport (CAT), en particulier celle du panier pour tenir compte des caractéristiques mécaniques de l'aluminium boré du « type 3 » pouvant équiper les paniers des options 1 et 2. Cette étude montre que ces caractéristiques mécaniques ne sont pas de nature à modifier les conclusions des études précédemment réalisées avec les autres types de panier. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

3 COMPOTEMENT THERMIQUE DU COLIS

Le requérant a mis à jour l'étude du comportement thermique du colis, en particulier pour tenir compte des caractéristiques thermiques de l'aluminium boré du « type 3 ». Cette nuance d'aluminium présentant une conductivité thermique inférieure aux autres nuances utilisées, le requérant a retenu de diminuer la puissance thermique maximale des assemblages chargés dans le colis TN 24 BH dans ce cas. Compte tenu de cette modification de la puissance thermique, l'étude réalisée montre que les températures susceptibles d'être atteintes en conditions normales de transport (CNT) ou en CAT pour les différents composants du colis sont inférieures ou égales à celles évaluées précédemment avec les paniers des options 1 et 2. Cette modification ne conduit donc pas à modifier les conclusions des études déjà réalisées. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

4 RADIOPROTECTION

Le requérant s'appuie sur une nouvelle méthode visant à définir le contenu maximal admissible au regard des exigences réglementaires d'intensités maximales de rayonnement au contact et au voisinage du colis définies dans les paragraphes 617 et 659 de la réglementation citée en troisième référence. Cette méthode a fait l'objet d'un avis de l'IRSN en décembre 2016, qui conclut que si celle-ci est de nature à répondre aux exigences réglementaires précitées, des compléments de justification sont nécessaires sur plusieurs points. Aussi, seuls les aspects liés directement à la déclinaison de cette méthode au modèle de colis TN 24 BH sont examinés ci-après.

La méthode présentée par le requérant vise à établir un système d'inéquations permettant à l'expéditeur de justifier le respect des débits d'équivalent de doses maximaux réglementaires à partir des caractéristiques réelles des contenus devant être transportés. Cette vérification est effectuée avant le chargement de l'emballage. Ces systèmes d'inéquations reposent sur des ratios, associés aux différents types de rayonnements ionisants (neutrons, gamma liés au combustible, gamma liés à l'activation des matériaux de structure...).

En premier lieu, l'IRSN note que le requérant a calculé les coefficients des inéquations uniquement pour les chargements complets de 69 assemblages. Le requérant n'a pas précisé comment ces inéquations doivent être utilisées dans le cas de la mise en œuvre de paniers contenant 65 assemblages ou en cas de chargement incomplet. Dans l'attente de ces justifications, l'IRSN a proposé, au cours de l'expertise, de supprimer du projet de certificat d'agrément du modèle de colis TN 24 BH les chargements de paniers contenant 65 assemblages ainsi que les chargements incomplets. Ces propositions de modification du certificat n'ont pas fait l'objet de remarque de la part du requérant.

S'agissant des modélisations retenues dans le cadre de cette méthode pour le colis TN 24 BH, le requérant modélise la résine neutrophage comme étant intègre, excepté en CAT où il considère que son épaisseur est réduite de moitié pour tenir compte de sa dégradation du fait des températures susceptibles d'être atteintes. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

En outre, le requérant modélise les combustibles intègres pour toutes les conditions de transport. Or, le dossier de sûreté du modèle de colis ne présente pas une telle démonstration. À cet égard, il convient de rappeler qu'une dispersion du contenu radioactif dans la cavité interne du colis est considérée dans certaines démonstrations de sûreté. Au cours de l'expertise, le requérant a indiqué son intention de justifier, lors de la prochaine demande de prorogation d'agrément du modèle de colis TN 24 BH, que les intensités de rayonnement calculées en conditions de transport de routine (CTR) sont enveloppes de celles calculées en CAT, en considérant la ruine des combustibles en CAT. Pour l'IRSN, si une telle justification ne pouvait pas être apportée, il conviendrait que le requérant garantisse l'intégrité des assemblages combustibles lors des épreuves réglementaires de chute simulant les CAT.

En revanche, le requérant ne prévoit pas de justifier l'hypothèse retenue d'intégrité des assemblages en CNT. À cet égard, l'IRSN note que le modèle de colis TN 24 BH est prévu d'être transporté à l'issue d'une période d'entreposage de plusieurs années sur site. Cette période d'entreposage est susceptible de conduire à la dégradation du comportement mécanique des assemblages de combustible irradiés, eu égard à la complexité des mécanismes de vieillissement que sont susceptibles de subir ces assemblages. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait également justifier l'intégrité de ces assemblages en CNT ou à défaut prendre en compte une quantité de matières radioactives dispersées justifiée dans les démonstrations de sûreté lors d'une prochaine demande de prorogation d'agrément. Ces points font l'objet des observations 1.1 et 1.2 de l'annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, afin de vérifier la robustesse de la méthode pour le colis TN 24 BH, le requérant a appliqué les coefficients des inéquations obtenus pour un combustible dit « de référence » à un combustible dit « enveloppe » présentant des caractéristiques différentes (taux de combustion plus élevé et durée de refroidissement minimale) puis il a comparé les valeurs des débits d'équivalent de dose ainsi obtenues avec celles obtenues par un calcul à l'aide du code TRIPOLI considérant le même combustible. Cette vérification a montré que les débits d'équivalent de dose évalués à partir des inéquations sont inférieurs à ceux estimés avec le code TRIPOLI, la différence maximale atteignant 6 % pour un point. En fin d'expertise, le requérant a proposé, afin de tenir compte des résultats de cette étude de robustesse, de limiter le taux de combustion des combustibles irradiés pouvant être chargés dans l'emballage TN 24 BH à la valeur retenue pour le combustible « enveloppe » et de retenir dans les inéquations une marge de 5 % sur les termes sources de rayonnements lorsque les caractéristiques des combustibles (taux de

combustion ou durée de refroidissement) sont comprises entre celle du combustible « de référence » et celle du combustible « enveloppe ». Il a proposé que ces évolutions soient introduites dans le certificat d'agrément. **Pour l'IRSN, cette proposition est satisfaisante dans la mesure où elle permet de tenir compte des résultats de l'étude de robustesse réalisée. Toutefois, l'IRSN considère que le requérant devrait apporter des éléments complémentaires de justification de sa méthode en prenant en compte l'observation 1.3 de l'annexe 2 au présent avis.**

À la suite de l'avis de l'IRSN de décembre 2016, l'ASN a formulé une demande concernant l'influence du profil d'irradiation des assemblages retenu dans la méthode dans la mesure où cela pourrait avoir des conséquences sur la localisation des points présentant les débits d'équivalent de dose les plus élevés au contact de l'emballage. À cet égard, le requérant n'a pas justifié que le profil d'irradiation qu'il utilise dans sa méthode pour le colis TN 24 BH est applicable à tous les historiques d'irradiation des assemblages combustibles, en particulier pour des combustibles présentant un taux de combustion élevé ou associé à des gestions de cœur particulières (suivi de charge, fonctionnement prolongé à puissance réduite...). En revanche, il a proposé, au cours de l'expertise, de retenir une majoration forfaitaire sur les termes sources neutrons et gamma des assemblages présentant un taux de combustion élevé supérieur à un seuil. Toutefois, le requérant n'a pas justifié le seuil retenu ainsi que la valeur de la majoration proposée. Toutefois, étant donné la proposition du requérant à la fin de l'expertise de limiter le taux de combustion des assemblages pouvant être chargés dans le modèle de colis TN 24 BH, cette majoration ne sera pas à appliquer. **Toutefois, l'IRSN estime que la société ORANO TN devrait justifier qu'une telle majoration ne serait pas à appliquer pour un taux de combustion plus faible que la valeur proposée. En outre, la société ORANO TN devrait justifier le caractère enveloppe du profil d'irradiation retenu pour les assemblages pour tous les types de fonctionnement de réacteur. Ces points font l'objet de l'observation 1.4 de l'annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, le requérant ne présente pas de justification de la qualification des codes de calcul utilisés dans sa méthode et ne tient pas compte des incertitudes associées aux calculs établissant les inéquations. Sur ce dernier point en particulier, le requérant considère notamment que la prise en compte d'incertitudes de calculs dans les différentes étapes de la méthodologie n'est pas justifiée s'il est montré que les inéquations permettent d'estimer de façon satisfaisante les débits d'équivalent de dose du chargement. Il convient de rappeler que les points évoqués ci-dessus concernant la qualification des codes de calculs utilisés et la prise en compte des incertitudes ont fait l'objet de demandes de l'ASN en 2017 à la suite de l'avis IRSN de décembre 2016.

En outre, l'IRSN considère que le requérant devra constituer un retour d'expérience de la méthode en comparant les débits d'équivalent de dose mesurés lors des premières opérations de chargement du modèle de colis TN 24 BH avec ceux évalués à partir de la méthode reposant sur des inéquations. **Ceci fait l'objet de la recommandation de l'annexe 1 au présent avis.**

Enfin, au cours de l'expertise, le requérant a transmis des éléments de justification de la méthode d'évaluation de l'activation des structures des assemblages combustibles (principalement liée à l'activité en ^{60}Co). Il a indiqué que cette méthode consiste à estimer le flux de rayonnement neutronique aux extrémités des assemblages en fin d'irradiation en supposant une consommation du combustible en réacteur identique sur toute sa longueur active. Toutefois, les éléments présentés par le requérant ne sont pas suffisamment détaillés pour justifier le caractère adapté de cette méthode pour les assemblages de type REB et notamment pour estimer de façon pénalisante le flux neutronique aux extrémités des assemblages, en particulier l'hypothèse retenue d'une consommation des atomes fissiles homogène sur l'ensemble de la partie active du cœur au cours des cycles d'irradiation. **Ces points font l'objet de l'observation 1.5 de l'annexe 2 au présent avis.**

5 SURETE-CRITICITE

Le requérant a vérifié que l'introduction de la nouvelle nuance d'aluminium boré « type 3 » pour les paniers des options 1 et 2 n'a pas d'impact sur l'analyse de sûreté-criticité du modèle de colis TN 24 BH. De plus, le requérant a mis à jour les justifications de la sous-criticité du colis TN 24 BH pour tenir compte des nouveaux types d'assemblages combustibles REB 22 et REB 23. De l'évaluation réalisée, l'IRSN considère que les évolutions qui font l'objet des demandes d'extension d'agrément ne sont pas de nature à remettre en cause les justifications de la sous-criticité du modèle de colis pour les différentes conditions de transport.

6 FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Les instructions d'utilisation du modèle de colis ont été mises à jour afin d'introduire la notion de « type 3 » pour les paniers d'options 1 et 2. **Ceci n'appelle pas remarque.**

En outre, au cours de l'expertise, le requérant a indiqué qu'il précisera, dans le chapitre relatif aux consignes d'utilisation ou dans le chapitre relatif à l'assurance de la qualité du dossier de sûreté lors de sa prochaine mise à jour, que l'utilisation de codes de calcul est subordonnée à l'obtention ou à la préparation d'un dossier de qualification / validation définissant le champ d'application et le domaine de validité des codes. **Ce point fait l'objet de l'observation 2.1 de l'annexe 2 au présent avis.**

7 ASSURANCE QUALITE

Au cours de l'expertise, le requérant a indiqué que les opérateurs réalisant, à l'aide d'un calcul ou d'un logiciel de calculs, le contrôle des inéquations incluant l'évaluation des sources de rayonnements des assemblages à transporter devront avoir été formés au préalable à la réalisation de ce calcul ou à l'utilisation du logiciel. Ce contrôle doit faire l'objet d'une vérification par un opérateur différent. Le requérant a indiqué qu'il formalisera ces exigences dans le chapitre relatif à l'assurance qualité de l'emballage lors de la prochaine demande de prorogation d'agrément du modèle de colis TN 24 BH. **Ceci est satisfaisant.**

8 CONCLUSION

A l'issue de l'expertise des justifications de sûreté présentées par la société ORANO TN dans les dossiers de sûreté transmis, l'IRSN estime que les propositions d'extension d'agrément du modèle de colis TN 24 BH, tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN pour tenir compte des échanges tenus au cours de l'instruction, sont conformes aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matière fissile, sous réserve de la prise en compte de la recommandation figurant en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 BH, le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2018-00242 du 10 septembre 2018
Recommandation

L'IRSN recommande que le requérant constitue un retour d'expérience de l'application de la méthode des inéquations en comparant, lors du chargement de colis TN 24 BH, les débits d'équivalent de dose mesurés à ceux évalués à partir des inéquations de transport.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2018-00242 du 10 septembre 2018
Observations de l'IRSN pour l'amélioration des démonstrations de sûreté

1 Radioprotection

- 1.1 Justifier que les intensités de rayonnement calculées en CTR par la méthode des inéquations sont enveloppes de celles calculées en CAT, en considérant la ruine des combustibles ou, à défaut, justifier l'intégrité des assemblages combustibles irradiés lors des épreuves réglementaires de chute simulant les CAT.
- 1.2 Justifier que les conditions d'entreposage ne sont pas de nature à modifier les caractéristiques des gaines des crayons de combustibles irradiés de façon à remettre en cause leur intégrité en CNT ou prendre en compte une quantité de matières radioactives dispersées justifiée dans les démonstrations de sûreté en CNT.
- 1.3 Compléter la justification de la méthode des inéquations par une analyse de l'influence des différentes caractéristiques du combustible prises en compte (taux de combustion, taux d'enrichissement initial et durée de refroidissement en particulier) sur les coefficients des inéquations visant à s'assurer que ces coefficients garantissent le respect des critères réglementaires pour tous les contenus prévus d'être transportés.
- 1.4 Concernant l'établissement des inéquations :
 - a. justifier la valeur de la marge forfaitaire proposée sur les termes sources neutrons et gamma des assemblages combustibles à partir d'un certain seuil de taux de combustion ainsi que le seuil à partir duquel est appliquée cette marge ;
 - b. justifier que le profil d'irradiation d'un assemblage combustible pris en compte dans la méthode est enveloppe des différents modes de fonctionnement envisageable du réacteur (même localisation du pic de puissance)
- 1.5 Concernant l'évaluation de l'activation des structures métalliques d'un assemblage combustible :
 - a. présenter de façon détaillée les étapes de la méthode de calcul d'activation et des hypothèses associées et présenter la validation / qualification de la méthode pour les assemblages de type REB ;
 - b. justifier le conservatisme du flux neutronique retenu en fin d'irradiation, en particulier l'absence de redistribution de ce flux vers les extrémités du cœur en cas de consommation hétérogène du combustible.

2 Utilisation

- 2.1 Présenter les justifications relatives à la qualification / validation des codes de calculs utilisés pour déterminer les activités radiologiques des combustibles du système d'inéquations définissant les caractéristiques maximales admissibles du contenu respectant les exigences de radioprotection.