

Monsieur le Directeur de la Direction du transport et des sources

Fontenay-aux-Roses, le 28 juillet 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00084 DU 28 JUILLET 2025

Objet : Transport - Renouvellement d'agrément du modèle de colis FS47

Références : [1] Lettre ASNR CODEP-DTS-2025-016406 du 10 mars 2025.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2018.

Par la lettre citée en première référence, la Direction du transport et des sources (DTS) de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sollicite l'avis de la Direction de l'expertise en sûreté sur la conformité au règlement cité en seconde référence du modèle de colis FS47, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande de renouvellement d'agrément présentée par la société Orano NPS, dénommée ci-après « le requérant ».

Le modèle de colis FS47 est agréé jusqu'au 31 octobre 2025, en tant que modèle de colis de type B(U) chargé de matières fissiles ou fissiles exceptées, selon la précédente édition du règlement de transport de l'AIEA. Le requérant demande le renouvellement pour le transport sur la voie publique, par voies routière, ferroviaire, maritime ou fluviale, du modèle de colis FS47 chargé d'oxyde de plutonium ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium, répartis en une dizaine de contenus, ainsi que l'extension de l'agrément pour créer un nouveau contenu.

La DTS sollicite l'avis de la Direction de l'expertise en sûreté en particulier sur les modifications de contenus, le nouveau contenu, les modifications de concept de l'emballage et l'étude des mécanismes de vieillissement des composants du modèle de colis, ainsi que les réponses apportées aux demandes de l'ASN formulées à l'issue de la précédente instruction.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté retient les principaux éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

1.1. EMBALLAGE

Pour mémoire, l'emballage FS47, de forme cylindrique, est composé d'un corps muni d'un système de fermeture et d'un capot amortisseur de chocs en partie supérieure. Le corps contient une cavité métallique avec un fond soudé et des matériaux assurant une protection mécanique, thermique et radiologique. Le système de fermeture est composé, d'une part d'un couvercle fixé sur la bride du corps par des goujons et des écrous, d'autre part d'un capuchon d'orifice, protégeant le raccord rapide du système de prélèvement de l'atmosphère de la cavité interne. Ces éléments sont équipés de joints en élastomère. Le capot amortisseur est constitué d'une enveloppe en acier inoxydable contenant des blocs de bois et une protection radiologique et est fixé sur le corps par l'intermédiaire de goujons et d'écrous. Enfin, trois couronnes, renforcées par des goussets, sont soudées sur la surface externe du corps de l'emballage et servent à la fixation du capot ainsi qu'à la manutention et à l'arrimage des colis FS 47.

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement, le requérant a modifié le concept de l'emballage avec :

- l'ajout d'une variante du capuchon de protection du raccord rapide du système de prélèvement de l'atmosphère de la cavité interne équipant le couvercle ;
- l'ajout de nouvelles nuances d'élastomère pour les joints internes et externes du bouchon de la cavité interne et du capuchon de protection ;
- une modification du plan de concept de l'emballage pour augmenter la tolérance du diamètre de la cavité interne de l'emballage en parties courante et évasée, afin d'être enveloppe des écarts relevés lors d'une campagne de mesures effectuée sur une dizaine d'emballages.

1.2. CONTENUS ET AMÉNAGEMENTS INTERNES

Pour rappel, les contenus sont constitués d'oxyde de plutonium ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium, sous diverses formes (poudres, granulés ou pastilles frittées). Ils sont conditionnés à l'intérieur de boîtes ou pots métalliques, éventuellement mis sous housses en polyuréthane, placés dans des étuis, placés à leur tour dans un conteneur métallique.

Dans le cadre de la présente demande, le requérant demande notamment à augmenter la puissance thermique d'un des contenus, à réintégrer un contenu (qui n'était plus autorisé) moyennant l'ajout d'un dispositif de calage et à ajouter un nouveau contenu constitué de poudre d'oxyde d'américium.

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

Conformément à une demande de l'ASN, le requérant indique dorénavant dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage, que la plage de contrainte d'écrasement du balsa dans le sens des fibres est définie à température ambiante. **Ceci est satisfaisant.**

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Dans le cadre de la présente demande, le requérant n'a pas modifié les démonstrations de sûreté relatives aux conditions de transport de routine (CTR). Toutefois, il présente, en réponse à deux demandes de l'ASN, des éléments de justification relatifs à la tenue des assemblages vissés. Ainsi, sur la base d'une révision de la valeur de la limite à la rupture de l'acier de la bride supérieure pour être représentatif des emballages en circulation, il démontre, avec cette valeur, que le risque de matage à la jonction entre la bride et la collerette du goujon est écarté. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que les éléments présentés permettent de répondre de manière convenable à la demande de l'ASN.** Le requérant justifie également l'absence de risque de matage au niveau des assemblages vissés pour la liaison avec la couronne supérieure du corps de l'emballage. **Cette justification permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Par ailleurs, le requérant a révisé la démonstration de la tenue de l'enveloppe de confinement dans la configuration où le raccord rapide du système de prélèvement de l'atmosphère de la cavité interne équipant le couvercle est muni de la nouvelle variante de capuchon de protection. **Les éléments présentés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Dans le cadre de la présente demande, le requérant a révisé les démonstrations de sûreté relatives aux conditions normales et accidentelles de transport (CNT et CAT) afin d'intégrer la nouvelle variante du capuchon de protection du raccord rapide. **Les éléments présentés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Par ailleurs, le requérant a réintégré un contenu, précédemment supprimé eu égard au risque d'impact différé sur le couvercle. Il justifie que ce risque est désormais maîtrisé par l'ajout d'un système de calages placés dans chacun des conditionnements (conteneur, étuis, boîtes), permettant ainsi de réduire le jeu axial à un niveau acceptable. De plus, s'agissant du nouveau contenu, le requérant montre que les jeux axiaux sont comparables à ceux des autres contenus, à l'exception du jeu entre les pots et les boîtes. Cependant, compte tenu des masses

faibles en jeu, la Direction de l'expertise en sûreté convient que ce jeu entre les pots et les boîtes n'est pas de nature à affecter le niveau de sûreté de l'emballage. **Les éléments présentés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Dans le cadre de la présente demande, le requérant a mis à jour la démonstration du comportement thermique du modèle de colis, afin de prendre en compte l'ajout du nouveau contenu, les modifications apportées aux autres contenus et aux aménagements associés (mise à jour des dimensions des boîtes et de la puissance thermique d'un des contenus, augmentation du critère de température de virole interne d'un des contenus en moyen de transport fermé). Il intègre également à cette démonstration la prise en compte des tolérances de fabrication de l'emballage conformément à une demande l'ASN portant sur l'évaluation de la température maximale atteinte par le matériau assurant la protection neutronique. De plus, afin d'utiliser de nouvelles nuances de joints pour l'enveloppe de confinement, il a mis à jour le critère permettant de vérifier que leur plage d'utilisation est respectée.

D'une manière générale, les modifications liées aux contenus et aux aménagements affectent assez peu les températures maximales atteintes en CNT et en CAT. En particulier, les calculs réalisés par le requérant montrent que le comportement du modèle de colis chargé du nouveau contenu est satisfaisant. En outre, le requérant conforte la démonstration du comportement thermique des contenus équipés de housses en CNT et en CAT en retenant une hypothèse pénalisante d'échange thermique entre les différents conditionnements, conduisant ainsi à maximiser les températures atteintes par les housses. Ainsi, il conclut que les températures maximales d'utilisation des matériaux sont respectées. **Les éléments présentés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.** De plus, le requérant montre par une étude de sensibilité sur les tolérances de fabrication que la température maximale atteinte en CNT par le matériau assurant la protection neutronique reste acceptable, **ce qui permet de répondre de manière convenable à la demande de l'ASN.**

4. CONFINEMENT

Pour la présente demande, en plus de l'ajout d'un calcul de relâchement d'activité pour vérifier le respect des critères réglementaires pour le nouveau contenu, le requérant a révisé le calcul de relâchement d'activité des autres contenus en intégrant la réévaluation des pressions maximales atteintes dans la cavité de l'emballage.

4.1. RÉÉVALUATION DES PRESSIONS MAXIMALES ATTEINTES DANS LA CAVITÉ DE L'EMBALLAGE

Pour réévaluer la pression maximale dans la cavité de l'emballage, le requérant tient compte :

- de la réévaluation de la quantité de gaz produits par radiolyse et thermolyse du fait :
 - de diverses modifications affectant la thermique des contenus,
 - d'une évolution de méthode de prise en compte de la thermolyse,
 - de la modification des durées maximales d'entreposage des contenus avant transport ;
- de l'ajout du nouveau contenu.

Quantité de gaz produits par radiolyse et thermolyse

Le requérant évalue la quantité de gaz de radiolyse produits en suivant la même démarche que lors du précédent renouvellement. **Les hypothèses retenues et les résultats obtenus n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En réponse à une demande de l'ASN de confirmer l'absence de conséquence d'un phénomène de thermolyse, sur une durée d'un an en CNT, le requérant a réévalué la production de gaz par le phénomène de thermolyse des housses en s'appuyant sur de nouveaux essais réalisés dans le cadre d'un programme de R&D. À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les conservatismes retenus dans l'évaluation du requérant ne permettent pas de couvrir de manière suffisante les incertitudes liées aux données expérimentales. En tout état de cause, les résultats de ces essais montrent que, contrairement à ce qui était auparavant considéré, le phénomène de thermolyse des housses s'avère significatif, même en CNT. Sur le principe, la réalisation de ces

essais et leur prise en compte par le requérant dans la démonstration de sûreté constitue une amélioration notable par rapport aux démonstrations précédentes **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.** En outre, la réévaluation du phénomène de thermolyse a conduit le requérant à réduire les durées maximales d'entreposage pour limiter ce phénomène. **Ceci est satisfaisant.**

Pressions maximales atteintes dans la cavité de l'emballage

En tenant compte des modifications affectant le comportement thermique des contenus et de la diminution des durées d'entreposage des contenus avant leur transport, le requérant montre que la combinaison de la radiolyse et de la thermolyse des housses entraîne pour les contenus équipés de housses une augmentation de la valeur de pression maximale en CNT et une diminution de la valeur de pression maximale en CAT. Malgré une évaluation peu conservatrice à l'égard des incertitudes liées aux données expérimentales, **la Direction de l'expertise convient que ces modifications ne sont pas de nature à mettre en cause la résistance de l'enveloppe de confinement interne.**

Pour le nouveau contenu, le requérant montre que la pression maximale dans la cavité interne de l'emballage chargé du nouveau contenu est bien moins importante que pour les autres contenus non équipés de housses. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

4.2. RISQUE D'INFLAMMATION DU DIHYDROGÈNE

Le requérant réévalue le taux maximum de dihydrogène (gaz inflammable produit par les phénomènes de radiolyse et de thermolyse) à des valeurs atteignant, selon les contenus et les hypothèses de propagation de ces gaz inflammables au sein des différents volumes libres existants dans la cavité (en fonction des aménagements internes associés aux contenus houssés), des valeurs légèrement supérieures à la limite inférieure d'inflammabilité du dihydrogène, critère en-deçà duquel il est généralement admis que le risque d'inflammation peut être écarté. Il estime, sur la base de travaux de recherche récents, que les conséquences d'une combustion incomplète du dihydrogène ne seraient pas significatives et conclut ainsi à l'absence de risque particulier associé.

Compte tenu de l'ensemble des éléments présentés par le requérant et malgré une évaluation peu conservatrice à l'égard des incertitudes liées aux données expérimentales, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que les mesures de prévention du risque lié à l'inflammation du dihydrogène retenues par le requérant consistant à limiter les durées maximales d'entreposage des étuis, conditionnés en conteneurs, dans les installations nucléaires de base (INB) productrices, sont convenables.**

4.3. RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ

Du fait de la valeur réévaluée de la pression maximale atteinte dans la cavité en CNT, le requérant a mis à jour l'étude de relâchement d'activité. Il montre que la pression maximale atteinte dans la cavité en CAT précédemment retenue reste en dessous des pressions calculées dans le cadre de la présente demande, y compris pour le nouveau contenu. Il conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité en CNT et CAT sont respectés.

La Direction de l'expertise en sûreté relève que la marge disponible par rapport au critère réglementaire en CNT pour le contenu enveloppe a diminué et pourrait être affectée par la prise en compte de conservatismes supérieurs dans le calcul de la pression maximale atteinte en CNT pour les contenus houssés. Néanmoins, pour les calculs de relâchement, le requérant retient des compositions isotopiques en enveloppes pour chacun des types de poudre d'oxyde, ce qui procure un certain conservatisme à l'égard de la composition des différents contenus. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les valeurs de relâchements d'activité maximale déterminées par le requérant sont convenables.**

5. RADIOPROTECTION

Pour justifier le respect des critères réglementaires de radioprotection, le requérant a évalué les débits d'équivalent de dose (DED) pour le modèle de colis chargé du nouveau contenu, en s'appuyant sur la même démarche que

celle utilisée pour les autres contenus. Les résultats montrent que les critères réglementaires sont respectés avec des marges significatives. **Ceci est satisfaisant.**

6. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Le requérant a mis à jour l'étude de l'évaluation des risques de sûreté-criticité du modèle de colis afin de tenir compte des modifications apportées aux contenus. Il a par ailleurs vérifié par une étude de sensibilité que la prise en compte de la nouvelle valeur de tolérance de fabrication du diamètre de la cavité interne ne conduit pas à affecter la prévention des risques de criticité. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que cette démonstration est convenable.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

À la suite d'écart de mesures sur un échantillonnage d'exemplaires, le requérant a modifié le plan de concept de l'emballage afin d'élargir la tolérance dimensionnelle de la cavité interne définie à la fabrication. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En outre, le requérant a apporté quelques modifications aux instructions d'utilisation de l'emballage et au programme de maintenance. En particulier, il a élargi la périodicité du remplacement des joints et du contrôle visuel effectué sur les joints et leur gorge, ainsi que le contrôle d'étanchéité de l'enveloppe du capot (passage de six à huit ans). Eu égard à la justification apportée sur la durée de vie des joints et au retour d'expérience acquis entre 2019 et 2023, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que ces modifications sont acceptables.**

8. VIEILLISSEMENT

Le requérant demande un agrément du modèle de colis FS47 selon le règlement de l'AIEA cité en seconde référence qui comprend dorénavant des exigences réglementaires relatives à la prise en compte des phénomènes de vieillissement à la conception du modèle de colis, et lors des transports à l'issue des phases d'entreposage. Ainsi, le dossier de sûreté comporte dorénavant un sous-chapitre relatif aux effets du vieillissement sur les performances du modèle de colis FS47. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que les éléments présentés permettent de répondre globalement à l'objectif du nouveau paragraphe 613A du règlement précité.**

9. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le niveau de sûreté du modèle de colis FS 47, tel que défini dans les projets de certificat d'agrément transmis, est satisfaisant au regard des prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicables au modèle de colis du type B chargés de matières fissiles ou non. En outre, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante aux demandes formulées par l'ASN à l'issue de la précédente instruction.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe du Directeur de l'expertise en sûreté