

Monsieur le Directeur de la Direction du transport et des sources

Fontenay-Aux-Roses, le 20 mai 2026

AVIS D'EXPERTISE N° 2026-00052 DU 20 MAI 2026

Objet : Transport - Renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 81

Références : [1] Lettre ASNR CODEP-DTS-2025-056134 du 10 octobre 2025.
[2] Règlement de transport de l'AIEA n° SSR-6 - Édition de 2018.

Par lettre citée en première référence, la Direction du transport et des sources de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sollicite l'avis de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR sur la conformité au règlement cité en seconde référence du modèle de colis TN 81, 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 », au regard des évolutions de concept de l'emballage et des modifications de contenus, des éléments qu'il a apportés en réponse aux demandes de l'ASN formulées à la suite du précédent renouvellement d'agrément et des mécanismes de vieillissement.

Ce modèle de colis est conçu pour le transport, par voies routière, ferroviaire, fluviale et maritime de conteneurs de déchets issus du traitement des combustibles irradiés. Il peut s'agir de déchets de structure compactés ou de résidus vitrifiés. Le certificat du modèle de colis TN 81, du type B(U) chargé de matières fissiles, est arrivé à échéance en France le 30 novembre 2023. Le requérant demande le renouvellement de cet agrément.

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

Le requérant n'a pas apporté de modification notable au concept du modèle de colis TN 81 dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément. Pour rappel, l'emballage TN 81, de forme générale cylindrique, comprend un corps muni de capots amortisseurs de chocs à chacune de ses extrémités. Le corps est constitué, de l'intérieur vers l'extérieur, d'une virole munie d'un fond soudé à la virole, d'une protection neutronique et d'une protection radiologique placées dans des compartiments délimités par des profilés vissés au corps de l'emballage et intégrant des conducteurs thermiques et des ailettes de refroidissement. Le système de fermeture peut se présenter sous deux configurations de transport et d'entreposage :

- une configuration dans laquelle un unique couvercle primaire muni d'un joint métallique interne et d'un joint externe en élastomère est présent. Ce couvercle présente un tampon d'orifice muni d'un joint en élastomère, fermé par une tape d'orifice munie d'un double joint métallique ;
- une configuration dans laquelle la cavité est fermée par un couvercle secondaire en plus du primaire mentionné ci-avant. Le couvercle secondaire est muni d'un joint métallique interne et d'un joint externe en élastomère et possède un orifice de couplage, obturé par une tape munie d'un double joint métallique, qui permet la mise en pression de l'espace inter-couvercle.

Dans les deux configurations, la cavité est mise sous vide, puis remplie d'hélium de sorte qu'il n'y ait aucune quantité significative d'oxygène et d'eau libre dans la cavité.

Les différents contenus sont positionnés dans un panier en cuivre comportant sept logements. Dans le cadre de sa demande, le requérant a ajouté un nouveau plan pour le chargement mixte des déchets.

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU MODÈLE DE COLIS

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Pour rappel, afin d'éviter un défaut de contact entre les profilés et la virole de l'emballage, qui pourrait diminuer la capacité de dissipation thermique du modèle de colis, l'ASN avait demandé au requérant de compléter l'étude de la tenue des assemblages vissés en considérant, d'une part le risque de matage sous tête de vis, d'autre part le risque de fatigue des vis des profilés et du panier. Dans ce cadre, le requérant a complété l'analyse de la visserie au matage sur la plage des températures représentatives des conditions normales de transport (CNT). Il conclut qu'au regard des marges identifiées, le risque de matage des liaisons vissées est écarté. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.** Concernant la fatigue des vis, le requérant a calculé que la contrainte maximale dans les vis des profilés et du panier présente des marges significatives par rapport à la limite d'endurance. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté relève que seul le chargement mécanique est considéré dans ce calcul. Or, compte tenu de la forte puissance thermique du contenu, une fatigue thermomécanique pourrait engendrer un desserrage de vis. **Aussi, le requérant pourrait étudier les conséquences du cyclage thermomécanique sur le risque d'auto-desserrage des vis dont le remplacement n'est pas prévu dans le cadre du programme de maintenance périodique de l'emballage.**

En réponse à une demande de l'ASN relative aux risques d'auto-desserrage des vis de fixation des capots, le requérant a réalisé une étude analytique visant à démontrer l'absence de glissement et de décollement en considérant les accélérations enveloppes des transports maritime, ferroviaire et routier. Au regard des marges de sûreté, le requérant considère que le risque d'auto-desserrage des vis des capots est maîtrisé. Toutefois, le desserrage peut être initié par une relaxation progressive de la pression de contact et des micro-glissements locaux, même pour des niveaux de sollicitation dynamique inférieurs aux seuils classiquement associés au glissement macroscopique. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la démonstration d'absence de risque de desserrage reste à compléter et que le requérant pourrait justifier à partir d'essais ou de la littérature que le risque d'auto-desserrage est maîtrisé.**

Le requérant a mis à jour l'étude de tenue mécanique des tourillons en considérant notamment, en réponse à une demande de l'ASN, les accélérations définies dans un courrier de l'ASN concernant la tenue des arrimages en transport maritime. En s'appuyant sur les études en fatigue maritime, ferroviaire et routière, le requérant limite à 40 le nombre de transports avant maintenance. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a effectué un recalage du modèle numérique utilisé pour l'étude du comportement du modèle de colis en conditions accidentelles de transport (CAT). **Bien que certaines hypothèses associées à la modélisation ne soient pas justifiées, la Direction de l'expertise en sûreté estime que ce recalage permet de répondre de manière convenable à la demande de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la représentativité des vis de la maquette, le requérant a précisé que le rôle des vis des capots amortisseurs est de le maintenir en place afin d'assurer la protection thermique des joints des couvercles lors de l'épreuve d'incendie. À cet égard, il a vérifié que l'énergie de rupture des vis du modèle de colis est supérieure à celle des vis de la maquette, ce qui permet d'assurer cette représentativité. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la variation des propriétés mécaniques du bois des capots en température, le requérant a mis à jour les propriétés d'adoucissement du bois. Le requérant évalue que ces nouvelles propriétés ne remettent pas en cause les conclusions de ses démonstrations de sûreté. **La Direction**

de l'expertise en sûreté estime que ceci permet de répondre de manière convenable à la demande de l'ASN.

En réponse à une demande de l'ASN relative à la variation des caractéristiques de l'aluminium des couronnes latérales au regard des tolérances d'approvisionnement, le requérant a ajouté dans le dossier de sûreté la plage de variation des caractéristiques mécaniques des couronnes et vérifié l'absence de conséquence de ces variations sur le comportement mécanique du modèle de colis. Toutefois, le requérant n'a pas considéré le cas de plus faible ductilité qui pourrait conduire à une accélération plus importante au moment de l'impact latéral lors d'une chute des CAT. **Toutefois, compte tenu des marges de sûreté, ceci ne devrait pas affecter la sûreté des transports de colis TN 81.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE DU MODÈLE DE COLIS

L'analyse thermique du modèle de colis TN 81 n'a pas évolué depuis la dernière demande d'agrément. Au cours de l'expertise, le requérant a indiqué que, compte tenu des marges mises en évidence par rapport au comportement des joints métalliques, l'éventuelle poursuite de la combustion du bois des capots n'est pas susceptible d'affecter la sûreté du modèle de colis. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Toutefois, les joints externes en élastomère pourraient exercer une pression sur le couvercle en cas d'extrusion, ce qui pourrait dégrader les performances d'étanchéité du modèle de colis. Ceci est abordé au paragraphe suivant.

4. CONFINEMENT

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement, le requérant a ajouté une nouvelle étude relative au relâchement d'activité du modèle de colis TN 81 chargé de déchets compactés pour le cas d'un couvercle primaire équipé de joints métalliques, qui repose sur celle déjà expertisée au cours de la précédente demande de renouvellement. Le requérant évalue que la pression maximale en CNT et CAT, principalement due au relâchement gazeux d'hydrogène hors des déchets compactés, n'excède pas la pression interne admissible de la cavité. Par ailleurs, le requérant évalue des taux de relâchement très inférieurs aux critères réglementaires. **Ceci est satisfaisant.**

Afin de vérifier le taux de remplissage des gorges des joints externes en élastomère, le requérant considère une température maximale, ne prenant pas en compte la post-combustion des bois des capots, et démontre qu'il n'existe pas de risque d'extrusion. Toutefois, une poursuite de la combustion du bois des capots pourrait induire une augmentation de température significative du joint qui, en cas d'extrusion, pourrait exercer un effort important sur l'assemblage vissé avec un risque de décollement du plan de joint. En outre, la démonstration du requérant ne tient pas compte des tolérances de fabrication des gorges de joints. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant pourrait tenir compte des effets de la poursuite de la combustion du bois des capots dans l'évaluation du risque d'extrusion du joint externe en tenant compte des tolérances de fabrication des gorges de joint. Il appartiendra au requérant de mettre à jour son évaluation des taux de remplissage en tenant compte des tolérances de fabrication des gorges de joint.**

En réponse à des demandes de l'ASN relatives au risque lié à la production de dihydrogène de certains contenus par radiolyse et thermolyse, le requérant a intégré au dossier de sûreté un scénario fondé sur 10 ans d'entreposage avant transport, 365 jours de transport en CNT et 7 jours en CAT. Il évalue que la quantité maximale de dihydrogène pouvant être relâchée dans la cavité de l'emballage est très inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité évaluée à la température maximale atteinte en CAT. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

5. RADIOPROTECTION

Le requérant n'a pas modifié le chapitre du dossier de sûreté relatif à la radioprotection. Cependant, il a apporté des précisions complémentaires en réponse à plusieurs demandes de l'ASN relatives aux sujets suivants :

- s'agissant de l'inventaire radiologique, le requérant précise que le spectre issu de la décroissance du ^{137}Cs tient bien compte des émissions du $^{137\text{m}}\text{Ba}$, considéré en équilibre radioactif ;
- s'agissant du rendement neutronique et du spectre enveloppe des rayonnements utilisés dans les calculs de débits d'équivalent de dose (DED), le requérant a indiqué, au cours de l'expertise, que la méthode d'évaluation théorique des DED surestime les mesures, en vertu des hypothèses enveloppes considérées et du retour d'expérience dont il dispose, et que les réactions (α, n) considèrent un taux de capture des α par le bore de 100%, ce qui est pénalisant ;
- s'agissant de la position des mesures de DED à réaliser avant expédition, le requérant précise que le point dimensionnant pour un chargement réel se situe à mi-hauteur. Par ailleurs, il rappelle que, comme préconisé dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation, les mesures avant transport sont effectuées sur un certain nombre de points, incluant notamment celui situé en axial côté fond et celui à mi-hauteur.

La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces éléments répondent de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN relatives à la radioprotection.

6. VIEILLISSEMENT

Le requérant a fourni une analyse des mécanismes de vieillissement en conformité avec l'édition 2018 du règlement cité en seconde référence en cohérence avec le paragraphe 613A.

Pour ce qui concerne les effets des conditions ambiantes, le dossier du requérant indique que les colis sont chargés dans des conditions sèches et leurs cavités sont ensuite inertées à l'hélium. S'agissant des composants de l'enveloppe extérieure, leurs surfaces sont, soit en acier inoxydable, soit en aluminium (présentant une bonne résistance à la corrosion), soit protégées par une peinture ou un revêtement anticorrosion. Par ailleurs, un examen visuel de la peinture est réalisé tous les 6 mois. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant pourrait étudier les évolutions au cours du temps des caractéristiques importantes pour la sûreté de la peinture (en particulier l'absorptivité et l'émissivité), notamment dues aux effets de la température et des rayonnements ionisants, et vérifier qu'elles n'affectent pas les conclusions des démonstrations de sûreté.**

S'agissant du vieillissement thermique de la résine, les études du requérant n'ont pas évolué depuis la précédente demande de renouvellement. Ces études indiquent que, pour la durée d'entreposage, la dégradation de la résine est compensée par la décroissance radioactive des contenus entreposés, ce qui est acceptable sur le principe. Toutefois, cette analyse se limitait à 60 ans d'entreposage, contre 100 ans dans le cadre de la présente demande. **Aussi, afin de consolider cette analyse qualitative, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant pourrait justifier par calcul que la dégradation de la résine est compensée par la décroissance radioactive des contenus transportés et entreposés. En outre, la Direction de l'expertise estime que le requérant pourrait tenir compte des effets combinés de la température et de l'irradiation dans l'étude de vieillissement.**

S'agissant des joints métalliques, le requérant évalue, par un calcul linéaire, que la restitution élastique reste suffisante pour assurer le maintien de l'étanchéité dans toutes les conditions de transport après entreposage. La Direction de l'expertise en sûreté relève que la restitution élastique après 100 ans est très proche du critère retenu et que l'étude du requérant se fonde sur des essais, d'une part dont la représentativité n'est pas justifiée par rapport aux joints utilisés pour ce modèle de colis, d'autre part dont la mise à jour récente a montré que les prévisions initiales sur les performances d'étanchéité étaient optimistes. Par conséquent, la démonstration du maintien des performances d'étanchéité du modèle de colis TN 81 sur la durée d'utilisation reste à consolider. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant pourrait définir précisément la nuance**

des joints métalliques équipant le modèle de colis et démontrer rigoureusement le maintien d'une restitution élastique suffisante après la durée d'entreposage.

Le requérant définit les matériaux sensibles au vieillissement et les principaux mécanismes de vieillissement pouvant les affecter. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que, compte tenu des opérations de maintenance retenues, l'étude du vieillissement permet de couvrir les phénomènes et matériaux principaux de manière acceptable. Toutefois, il appartiendra au requérant de compléter l'étude en tenant compte en particulier des effets combinés de l'irradiation et de la température, des cyclages thermomécaniques, et d'essais de tenue des joints métalliques dont la représentativité est justifiée.** En outre, pour s'assurer de l'exhaustivité des phénomènes abordés, qu'ils soient significatifs ou négligeables, le requérant peut s'appuyer sur le guide AIEA n° SSG-94, synthétisant les principaux mécanismes de vieillissement qu'il convient de prendre en compte. **De manière générale, compte tenu de la nature des contenus faisant l'objet de la demande, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les justifications présentées par le requérant permettent de répondre de manière acceptable aux objectifs du paragraphe 613A du règlement cité en seconde référence.**

Par ailleurs, le requérant n'a pas transmis le programme d'analyse des écarts appelé par le paragraphe 809 k) du règlement. **Il appartiendra au requérant de le transmettre à l'ASNR.** De manière générale, la Direction de l'expertise en sûreté relève que le dossier de sûreté mentionne peu d'éléments relatifs aux conditions d'entreposage et activités de maintenance associées.

7. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des informations apportées par la société Orano NPS au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les évolutions de concept et les modifications des contenus ne mettent pas en évidence d'éléments de nature à affecter la sûreté des transports de colis TN 81 chargés de conteneurs de déchets issus du traitement des combustibles irradiés, compactés ou vitrifiés, tels que définis dans le projet de certificat d'agrément, eu égard aux prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport de l'AIEA applicable aux modèles de colis du type B(U) chargé de matières fissiles.

Par ailleurs, s'agissant de la prise en compte des demandes de l'ASN formulées à la suite du précédent renouvellement d'agrément, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant a apporté des éléments satisfaisants, hormis pour les quelques points techniques identifiés dans le présent avis.

Enfin, concernant la prise en compte des mécanismes de vieillissement, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les justifications présentées sont globalement acceptables, bien que le dossier de sûreté reste à compléter pour ce qui concerne la phase d'entreposage et le programme d'analyse des écarts requis par le paragraphe 809 k) du règlement.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise en sûreté