

Monsieur le Directeur de la direction du transport et des sources

Fontenay-aux-Roses, le 7 août 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00085 DU 7 AOÛT 2025

Objet : Transport – Demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 12/2

Références : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2024-067644 du 11 décembre 2024.
[2] Règlement AIEA – SSR-6 édition de 2018.

Par la lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conformité au règlement cité en seconde référence du modèle de colis TN 12/2, sur la base du dossier de sûreté joint à la demande de renouvellement d'agrément présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (Orano NPS), dénommée ci-après « le requérant », en tant que modèle de colis de type B(M) pour matières fissiles ou non, pour les contenus suivants :

- le contenu n° 23 : assemblages combustibles neufs 8x8 à base d'oxyde d'uranium (UOX) ou d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX), destinés à des réacteurs à eau bouillante (REB) ;
- le contenu n° 25 : crayons sources secondaires (CSS) irradiés ;
- le contenu n° 32 : déchets activés d'exploitation (DAE).

Les certificats d'agrément de ces contenus, délivrés selon la précédente édition du règlement de transport de l'AIEA, expireront le 30 septembre 2025.

Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis d'expertise de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en première référence.

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

L'emballage TN 12/2 est constitué d'une enveloppe de confinement de forme cylindrique en acier forgé épais, protégée à chaque extrémité par un capot amortisseur de choc rempli de bois et d'aluminium. Le système de fermeture est constitué d'un bouchon en acier inoxydable, équipé de deux joints en élastomère, d'une bride de fixation en acier inoxydable et d'un couvercle en alliage d'aluminium protégeant ces deux composants. Le corps de l'emballage est recouvert d'une couche de résine neutrophage coulée entre les ailettes de refroidissement assurant la dissipation de la chaleur produite par les contenus. Des tourillons fixés sur le corps de l'emballage servent à l'arrimage du colis en position horizontale sur le véhicule de transport, ainsi qu'à la manutention du colis en positions verticale et horizontale. Différents types de paniers, placés dans la cavité de l'emballage, permettent le chargement d'assemblages combustibles, de carquois de CSS ou d'étuis de DAE.

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a modifié les nuances de joint possibles sur le bouchon en définissant des dimensions visant à garantir un taux de remplissage des gorges de

joints inférieur à 100 %. Ce sujet est traité au paragraphe 3.2 du présent avis. Ces joints ayant une limite minimale d'utilisation de -27 °C, le requérant demande un renouvellement d'agrément de type B(M).

En outre, le requérant a modifié la dénomination du contenu n° 32, constitué d'étuis de DAE chargés dans un panier, afin de regrouper sous un même contenu l'ensemble des DAE (précédemment intitulés de type 1, 2 et 3). Par ailleurs, il a complété la description des DAE afin de répondre à des demandes de l'ASN concernant la masse et l'épaisseur en acier d'un étui vide, le diamètre et la hauteur des pieds des cales utilisés, l'activité maximale totale des produits issus de l'activation des DAE d'un étui selon la nature des DAE qu'il contient. Il a mentionné explicitement que le calcul de l'activité de contamination prend en compte celle de l'étui et celle des DAE qu'il contient. Les contenus n°s 23 et 25 sont quant à eux inchangés par rapport aux certificats en vigueur. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a établi un rapport présentant le retour d'expérience associé aux transports de DAE depuis la centrale nucléaire de Fessenheim, dans lequel il compare les caractéristiques des DAE expédiés à leur définition présentée dans le dossier de sûreté. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Le requérant n'a pas modifié la démonstration de la tenue des tourillons en arrimage en conditions de transport de routine (CTR) depuis la dernière demande de renouvellement d'agrément.

Pour rappel, le requérant étudie la tenue mécanique des organes de manutention et d'arrimage du modèle de colis TN 12/2 en CTR à l'aide d'un modèle numérique par éléments finis modélisant les tourillons. La répartition d'effort entre le support et les tourillons est effectuée sur un secteur angulaire de 120°, sans justification particulière. Au cours de l'expertise, le requérant a effectué des mesures de diamètres sur l'ensemble des châssis de transport du parc d'emballages, ce qui l'a conduit à diminuer les secteurs angulaires et à évaluer l'augmentation de contrainte associée, en s'appuyant sur des résultats de calculs numériques réalisés sur d'autres modèles de colis dont les tourillons sont de conception similaire. En condition de transport, la réduction du secteur angulaire de 120° à 80° conduit à une augmentation des contraintes maximales de 36 %. Lors de la manutention, la réduction du secteur angulaire de 120° à 20° et l'augmentation de 30 à 80 mm de la largeur de portée conduisent à une augmentation des contraintes maximales de 3 %. Ces correctifs ont ensuite été appliqués aux contraintes issues du dossier de sûreté du modèle de colis TN 12/2. Les valeurs obtenues restent inférieures à la limite d'élasticité. **Pour les conditions de transport, ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté. S'agissant de la manutention, il appartient au requérant de mettre en cohérence le chapitre du dossier de sûreté relatif aux instructions d'utilisation de l'emballage TN 12/2 afin d'indiquer que la largeur de portée des pièces d'interface sur lesquelles reposent les tourillons est d'au moins 80 mm.**

2.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Le requérant n'étudie pas les conséquences sur le niveau d'étanchéité du modèle de colis d'un impact différé du contenu contre les éléments de fermeture de l'emballage. De fait, l'étanchéité du modèle de colis n'est pas démontrée en conditions accidentelles de transport (CAT). Or, dans les démonstrations de sûreté, le requérant considère qu'à la suite des chutes représentatives des CAT, le flux de fuite est celui garanti avant expédition pour les contenus n°s 23 et 25, ce qui lui permet de respecter le critère réglementaire. En cours d'expertise, il a respectivement estimé à 1,25 A₂ et 1,03 A₂ les activités maximales relâchables de ces contenus en CAT en considérant une perte totale d'étanchéité. La Direction de l'expertise en sûreté relève que les calculs d'activité reposent sur une moyenne des taux de remise en suspension sur une semaine, ces taux pouvant être nettement plus élevés au moment de l'impact. Néanmoins, sans considération de l'impact différé, les vis de la bride de serrage sont restées dans leur domaine élastique lors des essais de chute et la cavité est mise en dépression en amont du transport. Ceci devrait permettre de limiter le risque de contamination possible à l'extérieur de la cavité. Aussi, **bien que supérieur au critère réglementaire de 1 A₂ en une semaine, et compte tenu de la conception du modèle de colis TN 12/2, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le relâchement estimé par le**

requérant pour les contenus n°s 23 et 25 reste tolérable au regard de l'hypothèse conservatrice de perte totale d'étanchéité retenue. Pour ce qui concerne le contenu n° 32, le maintien de l'étanchéité du modèle de colis à la suite d'un impact différé en CAT n'étant pas justifié, le requérant considère que l'ensemble de l'activité susceptible d'être mise en suspension (gaz et aérosols) est relâchée en dehors de l'emballage. Il évalue à 0,8 A₂ l'activité maximale relâchable avec un taux de remise en suspension moyen sur une semaine. Pour la même raison que celle évoquée ci-avant pour les contenus n°s 23 et 25, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que la sûreté des transports de colis TN 12/2 chargés du contenu n° 32 ne devrait pas être mise en cause en cas d'impact différé. Cela étant, il appartient au requérant d'intégrer à son dossier de sûreté les informations présentées en cours d'expertise.**

3. CONFINEMENT

Le requérant a mis à jour les démonstrations relatives au confinement de la matière radioactive afin de prendre en compte les nouveaux spectres d'activation et de contamination des CSS avec un refroidissement de 28 ans, la ruine totale en CNT, une production d'hélium issue de l'irradiation des CSS, une quantité d'eau résiduelle de 10 L dans la cavité, la limitation de la durée de transport à 60 jours et une diminution de la limite inférieure d'inflammabilité (LII) du dihydrogène.

3.1. RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ

Les résultats de calcul pour les contenus n°s 23 et 32 restent inchangés par rapport respectivement à la dernière demande de renouvellement d'agrément et à la dernière demande d'extension d'agrément expertisées par l'IRSN. Le requérant a réévalué le relâchement d'activité pour le contenu n° 25 afin de prendre en compte les éléments précités. **Les résultats présentés n'appellent pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la représentativité du coefficient de perméabilité de l'hélium au travers des joints en élastomère de type FKM (fluorocarbène, abréviation du terme allemand *Fluorkautschuk Material*), retenu dans les démonstrations de sûreté pour modéliser le comportement du tritium, le requérant a précisé en cours d'expertise que des essais à 60 °C ont été réalisés sur l'une des deux nuances utilisées. Leurs résultats mettent en évidence un coefficient de perméabilité moyen à l'hydrogène inférieur de 58 % par rapport à celui de l'hélium. Il en déduit que la prise en compte du coefficient de perméation à l'hélium est pénalisante par rapport à celui de l'hydrogène et donc du tritium. Or la Direction de l'expertise en sûreté relève que les températures atteintes par les joints du modèle de colis TN 12/2 chargé du contenu n° 32, dont le relâchement d'activité est uniquement dû à la perméation des joints, sont supérieures à 60 °C. En outre, le requérant n'a pas apporté de justification pour la seconde nuance de joint utilisée. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant ne répond pas complètement à la demande de l'ASN précitée.**

Afin de répondre à des demandes de l'ASN relatives à l'évaluation de la pression interne dans la cavité de l'emballage chargé du contenu n° 32, le requérant a mis à jour le projet de certificat de ce contenu au cours de l'expertise afin de limiter à 100 W par étui la puissance thermique des DAE (au lieu de 200 W initialement). La diminution de la température moyenne des gaz dans la cavité conduit à une pression de vapeur saturante de 0,24 bar, soit une pression totale dans la cavité de 0,835 bar. Cette pression étant inférieure à la pression externe définie dans le certificat d'agrément (0,85 bar), l'évaluation du relâchement d'activité présentée par le requérant n'est pas mise en cause. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante aux demandes précitées.**

En réponse à une demande de l'ASN de confirmer la validité des hypothèses prises en compte dans la démonstration de sûreté concernant les CSS irradiés dans certains réacteurs d'EDF, le requérant a précisé que chaque crayon irradié produit au maximum 0,8 g d'hélium et que la durée d'irradiation de ces crayons est au maximum égale à 15 ans équivalents pleine puissance (la production d'hélium étant nulle dans le cas d'un crayon non irradié). **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande précitée.**

3.2. DIMENSIONNEMENT DES JOINTS

Afin de prendre en compte les modifications des joints du bouchon, dénommés G1 et G2, le requérant a réévalué les taux de remplissage des gorges les accueillant pour les contenus n°s 23 (combustibles neufs), 25 (CSS) et 32 (DAE). **Les valeurs obtenues n'appellent pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Par ailleurs, le taux de compression des joints G1 reste supérieur à 20 % à -27 °C en considérant une déformation rémanente après compression de 20 %. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

3.3. RADIOLYSE

À l'issue de l'instruction d'une précédente demande d'agrément, l'ASN a demandé au requérant de conforter la démonstration de la prévention du risque d'inflammation du dihydrogène éventuellement produit par la radiolyse de l'eau résiduelle, en étudiant la sensibilité du taux de dihydrogène à la valeur de pression initiale de remplissage en hélium de la cavité du colis. En réponse à cette demande, le requérant a modifié la pression de remplissage de la virole interne ($0,35 \cdot 10^5$ Pa au lieu de $0,4 \cdot 10^5$ Pa) afin de se conformer aux opérations réalisées dans les installations nucléaires de base et au chapitre du dossier de sûreté relatif aux consignes d'utilisation du modèle de colis TN 12/2. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande précitée.**

Pour mémoire, l'étude du risque de radiolyse de l'eau éventuellement présente dans l'emballage au cours du transport s'appuie sur le respect de la LII en limitant le temps de transport du contenu n° 25. Afin de prendre en compte les évolutions de ce contenu, le requérant a réévalué à 2,91 % la LII en CAT, en considérant la température maximale des gaz dans la cavité. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

4. RADIOPROTECTION

Le requérant n'a pas modifié les démonstrations relatives à la radioprotection depuis les précédentes demandes d'agrément. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En réponse à une demande de l'ASN de conforter la « méthode des inéquations »⁽¹⁾ pour les DAE (contenu n° 32), le requérant a comparé les résultats d'un nouveau calcul prenant en compte l'ensemble des radionucléides à ceux provenant d'un calcul ne prenant en compte que les six radionucléides principaux dans le cas d'un chargement de 12 étuis de DAE. Il évalue à 4,2 % l'écart maximal entre ces deux calculs, pour deux spectres de contenus différents (crayons bouchons et crayons absorbants). **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

5. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Le requérant n'a pas modifié la démonstration relative à la prévention des risques de criticité depuis la dernière demande de renouvellement d'agrément. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour le contenu n° 23, l'ASN a demandé au requérant de justifier la distance séparant le haut de la partie active des assemblages combustibles UOX et le haut du panier, zone dans laquelle est considérée une dispersion de la matière fissile. En retenant une masse de matière dispersée de 2,8 kg, le requérant estime qu'un tel déplacement n'aurait pas d'influence significative sur la réactivité. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande précitée.**

6. VIEILLISSEMENT

Le requérant demande un agrément du modèle de colis TN 12/2 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 (paragraphe 613A). Ainsi, le dossier de sûreté comporte dorénavant un sous-chapitre relatif aux effets du vieillissement sur les performances du modèle de colis TN 12/2.

Le requérant identifie les matériaux importants pour la sûreté sensibles aux phénomènes de vieillissement de l'emballage chargé de contenus MOX ou UOX neufs, de CSS ou de DAE. Il s'agit des matériaux métalliques, du bois, de l'élastomère des joints et de l'acier des vis. Aussi, pour tous ces matériaux, le requérant considère les effets suivants : le contact prolongé des composants avec l'eau résiduelle potentiellement présente dans la cavité

¹ Cette méthode vise à établir un système d'inéquations comparant les activités du chargement avec les termes sources de référence. Ces termes sources de référence correspondent aux activités théoriques conduisant aux critères de débits d'équivalent de dose (DED) réglementaires.

et avec l'environnement extérieur marin, l'effet de la température, la fatigue due aux cycles de chargements et déchargements et aux variations de pression et de température. Il en conclut que, exceptés les joints en élastomère et les vis qui sont contrôlés et remplacés régulièrement, les composants du modèle de colis sont suffisamment stables dans le temps au regard de la durée de vie prévue du modèle de colis. En cours d'expertise, le requérant a complété sa démonstration en évaluant les effets de l'irradiation, en particulier sur la résine, de la température sur les composants importants pour la sûreté, et a étayé les sources sur lesquelles reposent ses évaluations. **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 convenable.**

Néanmoins, le requérant ne mentionne pas l'influence des cycles de serrage/desserrage des différents assemblages vissés (bride, couvercle, et tapes en particulier) sur leur capacité à maintenir leur précharge minimale définie dans le dossier de sûreté. En outre, d'autres effets, qui pourraient être *a priori* d'importance mineure, comme le vieillissement bactériologique des matières organiques (en particulier le bois ou le revêtement de surface du cuivre) et la modification des caractéristiques d'émissivité et d'absorptivité des composants et revêtements ne sont pas abordés dans le dossier de sûreté. **Il appartient au requérant de compléter l'étude sur ces points.**

En tout état de cause, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les justifications présentées permettent de répondre de manière convenable aux objectifs du paragraphe 613A du règlement cité en seconde référence. Compte tenu de l'importance et du niveau détaillé des réponses apportées en cours d'expertise, il appartient au requérant d'intégrer ces éléments au dossier de sûreté.

7. UTILISATION ET MAINTENANCE

Le requérant a mis à jour les chapitres relatifs à l'utilisation et la maintenance du modèle de colis pour intégrer les modifications des contenus, ainsi que les éléments apportés lors des précédents renouvellement et extensions d'agréments. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

8. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés dans le cadre de la saisine de l'ASN et 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 le modèle de colis TN 12/2, tel que défini dans les projets de certificats d'agrément pour les contenus n^{os} 23, 25 et 32 tenant compte, pour ce dernier contenu, de la modification apportée par le requérant en cours d'expertise, est conforme aux prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicable aux modèles de colis du type B(M) chargés de matières fissiles ou non.

Par ailleurs, 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 des précédentes instructions relatives au modèle de colis TN 12/2, sauf pour ce qui concerne les demandes relatives au caractère conservatif de la corrélation résilience-ténacité et à la justification du caractère pénalisant du coefficient de perméabilité de l'hélium au travers des joints en élastomère de type FKM.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe du Directeur de l'expertise en sûreté