

Monsieur le Directeur de la direction du transport et des sources

Fontenay-aux-Roses, le 3 novembre 2025

## AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00109 DU 3 NOVEMBRE 2025

**Objet :** Transport - Demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 112

**Références :** [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2025-011657 du 21 février 2025.  
[2] Règlement 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 TN 112, tel que décrit dans le 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 », ainsi que sur la demande d'autorisation de transport en milieu confiné de ce modèle de colis.

Ce modèle de colis est actuellement agréé, en tant que type B(M) pour matières fissiles, pour le transport d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO<sub>2</sub>) ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée (REP) français ou non irradiés. C'est le seul modèle de colis français capable de transporter jusqu'à 12 assemblages combustibles MOX irradiés de type REP 17x17 vers l'usine de retraitement d'Orano Recyclage de La Hague. Les transports sont effectués sur la voie publique, par voies routière, ferroviaire, fluviale et maritime. Le certificat d'agrément de ce contenu, délivré selon l'édition précédente du règlement de transport de l'AIEA expirera le 31 mars 2026.

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. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

Pour rappel, l'emballage TN 112, de forme générale cylindrique, comporte deux enveloppes de confinement indépendantes, imbriquées l'une dans l'autre. L'enveloppe interne est composée d'une virole dite primaire en acier inoxydable, fermée par un système composé d'un bouchon en acier inoxydable maintenu en place par une couronne de fixation. L'enveloppe externe est composée d'une virole dite secondaire en acier inoxydable, fermée par un système composé d'un couvercle en acier inoxydable vissé sur la bride supérieure de la virole. Le bouchon et le couvercle, ainsi que les différents orifices présents sur ces deux enveloppes, sont équipés de joints d'étanchéité en élastomère. L'espace entre les viroles primaire et secondaire du corps de l'emballage est constitué d'une protection radiologique composée de profilés en aluminium remplis de plomb. L'extérieur de la virole secondaire dispose d'une protection neutronique en résine traversée par des conducteurs en cuivre soudés entre eux par-dessus la résine et formant ainsi l'enveloppe externe en cuivre de l'emballage. Des ailettes en cuivre sont soudées sur cette enveloppe. Chacune des extrémités du corps de l'emballage dispose d'un raidisseur en acier

et d'un capot amortisseur de chocs en bois et en aluminium. Pour les opérations de manutention et d'arrimage, l'emballage dispose de deux paires de tourillons (à l'avant et à l'arrière du corps de l'emballage).

La présence éventuelle de discontinuités de matière ponctuelles ou de porosités ponctuelles au niveau de l'enveloppe externe en cuivre (soudures longitudinales entre deux conducteurs en cuivre, soudures circulaires et soudures entre les ailettes et les conducteurs en cuivre), sur lesquelles le requérant met en place un dispositif de maintien d'étanchéité à l'eau, est autorisée. En plus des discontinuités de matière ponctuelles ou de porosités ponctuelles, il a été détecté au niveau de l'enveloppe externe de l'emballage une discontinuité de matière (fissure) longitudinale caractérisée par une absence de liaison entre le conducteur radial et l'enveloppe externe. Dans les zones de défaut détectées, un dispositif de maintien de l'étanchéité est mis en place. Dans le cadre de la demande de renouvellement d'agrément, le requérant a amendé le dossier de sûreté pour décrire la réparation envisagée pour la discontinuité longitudinale de l'enveloppe externe de l'emballage TN 112 et justifier son applicabilité par rapport aux démonstrations de sûreté. À cet égard, cette réparation se traduit par le retrait d'au maximum deux fois trois rangées d'ailettes sur toute la hauteur de la soudure et par son recouvrement par soudage d'une ou plusieurs réglettes en cuivre. En outre, une réparation par affouillement<sup>(1)</sup> suivi d'un reconditionnement par soudage peut être réalisée sur les soudures longitudinales en cas de présence de discontinuités de matières ou de porosités ponctuelles. L'ensemble de ces défauts et réparations exerce une influence sur la dissipation de chaleur thermique de l'emballage, qui est discutée au paragraphe 3 du présent avis.

## 1.2. DESCRIPTION DU CONTENU ET DES AMÉNAGEMENTS INTERNES

Pour rappel, le modèle de colis TN 112 est conçu pour transporter des assemblages combustibles à base d'UO<sub>2</sub> ou de MOX, irradiés ou non, chargés dans un panier. Ce panier est constitué de profilés (en acier inoxydable et en alliages d'aluminium boré ou non) entrecroisés et emboîtés les uns dans les autres. Il comporte plusieurs logements de section carrée recevant chacun un assemblage combustible.

Le requérant indique que, dans le cas du transport de crayons étanches uniquement, il tient dorénavant compte de la présence de corps étrangers en polyéthylène, piégés dans un assemblage combustible. Pour un chargement contenant des crayons inétanches, le requérant indique que la présence de corps étrangers organiques piégés dans un chargement n'est pas autorisée. Ceci est discuté au paragraphe 4.3 du présent avis. En outre, le requérant a modifié la puissance thermique en cohérence avec la puissance retenue dans les études thermiques en milieu confiné pour tenir compte d'une discontinuité sur une soudure longitudinale et du décentrage du milieu inter-virole, du panier et du contenu. Ce point est discuté au paragraphe 3 du présent avis.

Pour un emballage présentant une discontinuité de matière, le requérant ajoute dorénavant la possibilité d'autoriser le transport, d'une part d'assemblages combustibles inétanches avec mesure de dihydrogène, d'autre part d'assemblages présentant des grilles arrachées. **Ces points n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## 2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

### 2.1. UTILISATION D'UNE NOUVELLE GRAISSE POUR LES ASSEMBLAGES VISSÉS

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant ajoute la possibilité d'utiliser une nouvelle graisse pour serrer les vis de l'emballage en plus de celle actuellement utilisée. À cette fin, il prend en compte une plage de variation des coefficients de frottement pour l'ensemble des vis concernées couvrant l'utilisation de l'ensemble des graisses mentionnées. Il a révisé la démonstration de la tenue des assemblages vissés en conditions de transport de routine (CTR) et complété la justification de la représentativité de la maquette utilisée lors des essais de chutes libres. Le requérant a indiqué en cours d'expertise que les coefficients de frottement associés à cette nouvelle graisse sont issus de tests de serrage à partir d'échantillons sur plusieurs assemblages vissés mis dans des conditions représentatives de celles des assemblages vissés de l'emballage TN 112. **Sur le principe, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la réalisation d'essais de**

---

<sup>1</sup> Technique consistant à extraire la matière, par fraisage, meulage, voire perçage dans certains cas, dans la zone englobant le défaut.

**serrage et de desserrage apporte un caractère robuste à une démonstration de sûreté.** Le retour d'expérience en utilisation et maintenance ne fait état d'aucun desserrage ou déformation d'assemblages vissés lié à l'utilisation de la graisse actuellement utilisée et les nouvelles contraintes liées à l'utilisation de la nouvelle graisse ne sont pas augmentées de manière significative par rapport aux contraintes générées par l'utilisation de la graisse actuellement utilisée. Elles restent donc significativement inférieures aux critères fixés par le requérant. **Aussi, l'utilisation de cette graisse n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## **2.2. FATIGUE DE L'ENVELOPPE EXTERNE DE L'EMBALLAGE**

En réponse à des demandes de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) formulées à l'issue des précédentes instructions, le requérant évalue le risque de propagation de défaut dans les soudures longitudinales de l'habillage externe en cuivre des emballages à partir de calculs numériques thermomécaniques et de lois de propagation de fissure. Cela lui permet d'estimer la taille de défaut admissible au niveau de ces soudures, contrôlée sur la durée de vie de l'emballage TN 112. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que l'approche adoptée par le requérant pour prendre en compte le risque de propagation de fissure au sein des soudures longitudinales est conservatrice. Ceci permet de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN sur ce sujet.**

## **3. THERMIQUE**

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a amendé le dossier de sûreté pour intégrer les éléments qu'il avait présentés lors de la précédente demande de renouvellement d'agrément. Ces éléments concernaient l'influence du décentrage radial des composants internes sur le comportement thermique en conditions normales de transport (CNT) en environnement libre du modèle de colis ne présentant pas de discontinuité de matière longitudinale sur son enveloppe externe, le comportement en CNT d'un emballage présentant une discontinuité de matière ponctuelle en environnement libre et enfin la dispersion de matières radioactives en conditions accidentelles de transport (CAT). **Ceci est satisfaisant.**

Pour mémoire, les analyses de comportement thermique du modèle de colis TN 112 reposent sur des calculs numériques réalisés l'aide d'un modèle numérique 3D et de deux modèles 2D d'une tranche du colis, permettant de calculer les jeux entre les éléments et les températures des crayons combustibles.

Les températures atteintes par les composants du colis sont évaluées en tenant compte de deux positions axiales du contenu (calé côté tête et côté fond) et les influences des différents paramètres (décentrage radial des composants internes, position et valeur des jeux dans le milieu inter-virole, couples d'épaisseur du milieu inter-viroles, redressement des conducteurs en cuivre, présence des têtes et des pieds d'assemblages, caractéristiques des nuances de l'aluminium boré du panier). Pour chaque paramètre étudié, le requérant détermine des correctifs de température pour majorer les températures calculées.

En réponse à une demande de l'ASN d'étudier l'influence du décentrage radial des composants internes sur le comportement thermique en CNT en environnement libre en présence d'une discontinuité de matière longitudinale, le requérant indique, en s'appuyant sur de nouveaux calculs, que les températures des composants sensibles de l'emballage présentant une discontinuité sont inférieures à celles sur l'emballage sans discontinuité. En particulier, le requérant estime que la température moyenne des gaz est plus faible lors de l'utilisation d'un emballage présentant une discontinuité. Ceci est lié au fait que la puissance thermique retenue dans le cas d'une discontinuité de matière est significativement inférieure à celle retenue sans la présence de cette discontinuité. **Compte tenu de ces éléments, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant demande l'autorisation de transport en milieu confiné du modèle de colis TN 112, muni de son panier et chargé de combustibles irradiés. La méthode de calcul n'a pas évolué, les résultats ont été amendés pour prendre en compte la discontinuité de matière associée à sa réparation. Concernant ce point, en réponse à une demande de l'ASN, le requérant a précisé dans sa demande de renouvellement d'agrément que la longueur de discontinuité longitudinale considérée est suffisante pour prendre en compte l'état de son parc d'emballages. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.** En outre, pour justifier la tenue en température d'un colis en milieu confiné

et notamment un colis présentant une discontinuité de matière associée à sa réparation au niveau de son enveloppe externe, le requérant a présenté au cours de l'expertise les résultats d'un nouveau calcul. Ce dernier tient compte des études d'influence susmentionnées en environnement libre sur la base d'un correctif de température issu des études d'influence qu'il a réalisées pour le modèle ne présentant pas de discontinuité de matière. Compte tenu d'un ajustement de la puissance thermique et *a fortiori* de celle autorisée en transport confiné, les températures atteintes par les gaz et les joints de l'emballage en milieu confiné sont inférieures ou égales à celles évaluées en environnement libre. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## 4. CONFINEMENT

En réponse à une demande de l'ASN relative à l'intégration des justifications transmises lors de la précédente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a amendé le dossier de sûreté pour prendre en compte une déformation rémanente après compression (DRC) des joints de confinement. Il a également amendé le dossier de sûreté pour prendre en compte la présence éventuelle de corps étrangers organiques piégés dans les assemblages combustibles, une température maximale des joints en CAT plus importante et l'élargissement des tolérances de la gorge des capuchons de l'orifice de bouchon et du couvercle.

### 4.1. RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a mis à jour l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN 112 afin de prendre en compte la présence éventuelle de corps étrangers organiques piégés dans les assemblages combustibles étanches. Ainsi, il a révisé l'étude en conservant le contenu étudié et la démarche de calcul de la précédente demande de renouvellement d'agrément et en considérant, de manière enveloppe, la température des joints en CAT à leur température maximale d'utilisation des joints. En effet, en réponse à une demande de l'ASN, le requérant a intégré l'influence du risque de la poursuite de la combustion du bois des capots amortisseurs cumulé à la dispersion de matière radioactive dans la cavité dans le chapitre relatif à l'analyse du comportement thermique. Il ressort de cette étude que les critères réglementaires sont respectés en CNT et en CAT. **Les résultats présentés par le requérant n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Par ailleurs, **le requérant n'a pas apporté d'élément de réponse à une demande de l'ASN relative au coefficient de perméation du tritium considéré dans les calculs de relâchement.** Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté souligne que les coefficients considérés sont identiques à ceux utilisés pour les autres modèles de colis actuellement agréés et que l'étude du requérant présente des marges par rapport aux critères réglementaires pour le contenu considéré.

### 4.2. DIMENSIONNEMENT DES JOINTS

Le dimensionnement des joints équipant les enveloppes primaire et secondaire du modèle de colis TN 112 est justifié sur la base du taux de remplissage maximal des gorges trapézoïdales et du taux de compression minimale des joints de confinement. À cet égard, le requérant évalue dorénavant ces taux en tenant compte des tolérances dimensionnelles enveloppes pour les gorges et les joints, d'un coefficient de dilatation volumique enveloppe pour l'ensemble des joints et d'une DRC pour les joints de confinement. Ces deux derniers points ont été expertisés lors de la précédente demande de renouvellement d'agrément et sont désormais intégrés au dossier de sûreté selon la demande de l'ASN afférente.

Cette réévaluation montre que les taux de remplissage maximaux des gorges restent inférieurs à 100 % à la température maximale d'utilisation des joints, à l'exception de ceux des gorges de joints des tampons d'orifices. **Néanmoins, dans la mesure où la nuance de joint utilisée permet un taux de remplissage pouvant aller au-delà de 100 %, cette réévaluation n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

### 4.3. RADIOLYSE

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant considère désormais, sans la justifier, une quantité de corps étrangers en polyéthylène dans la cavité, connus et piégés dans les assemblages

combustibles étanches. Il estime que le pourcentage maximal de dihydrogène dans la cavité de l'emballage à l'issue de 60 jours de transport reste inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité (LII) évaluée en CAT. Il estime donc que le risque de radiolyse est exclu. **Bien que des marges existent au regard de la LII, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant pourrait justifier la quantité de corps étrangers, piégés dans les assemblages combustibles considérée dans l'étude de radiolyse.**

L'estimation du risque de radiolyse dans le cas d'un chargement d'assemblages combustibles comportant des crayons inétanches est réalisée de manière indépendante. Pour celle-ci, le requérant interdit la présence de corps étrangers organiques connus et piégés dans les assemblages combustibles. À partir de cette hypothèse, il conclut que le risque de radiolyse est écarté. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## 5. RADIOPROTECTION

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a amendé le dossier de sûreté pour intégrer l'influence de la dispersion de matière radioactive dans la cavité de l'emballage pour évaluer les débits d'équivalent de dose (DED) en CAT et l'influence de la diminution de la densité minimale de bois des capots sur les DED. **Ces points, expertisés lors de la précédente demande de renouvellement d'agrément, n'appelaient pas de remarque.**

## 6. UTILISATION, MAINTENANCE ET RETOUR D'EXPÉRIENCE

Le requérant a mis à jour le dossier de sûreté pour ce qui concerne la limitation du temps de transport en considérant des jours d'aléas en fonction du trajet prévu en cas de présence de corps étrangers organiques dans la cavité de l'emballage, l'utilisation possible d'une nouvelle graisse pour le graissage des vis, la mise en place de filets rapportés pour fixer les vis du bouchon, du champignon de fixation de manutention du couvercle, des capots amortisseurs et des tourillons, et les contrôles et réparations possibles sur l'enveloppe externe.

Le requérant précise, dans le dossier de sûreté, que la réparation de l'enveloppe externe peut être réalisée en cas de détection de discontinuité au niveau de l'une des soudures longitudinales, de discontinuité de matière ou porosité ponctuelle ou de défaut supérieur au critère défini lors de contrôles non destructifs volumiques. **Les démonstrations de sûreté relatives à la tenue mécanique en CTR et en CAT, au comportement thermique, au confinement de la matière radioactive et au risque de radiolyse intégrant désormais ces points, ces modifications n'appellent pas de commentaire de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## 7. VIEILLISSEMENT

L'édition 2018 du règlement de l'AIEA a introduit le paragraphe 613A relatif à la prise en compte des mécanismes de vieillissement dès la conception. Pour rappel, compte tenu des analyses portant sur le vieillissement de l'enveloppe externe, qui étaient en cours lors de la demande de renouvellement d'agrément précédente, la conformité du modèle de colis TN 112 n'avait été examinée qu'au regard des exigences applicables de l'édition 2012 du règlement SSR-6 de l'AIEA. Néanmoins, un chapitre dédié au vieillissement était présent dans le dossier de sûreté et n'appelait pas de remarque de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Afin de justifier l'absence de modification des propriétés thermiques de la résine dans le temps en cas de pénétration d'eau dans l'enveloppe externe, le requérant montre que le vieillissement de la résine n'est pas accéléré par la présence d'eau à la suite de son immersion prolongée dans de l'eau en se référant à une thèse sur le sujet. En outre, le requérant estime que, si une dégradation de la résine liée à la présence d'eau dans l'enveloppe externe intervient, celle-ci est localisée uniquement en surface sans remettre en cause les performances à l'intérieur de la matrice. Ce point est pris en compte dans l'étude relative à l'effet des rayonnements ionisants par une réduction de l'épaisseur de chaque pièce de résine. Enfin, l'eau pouvant être présente dans l'enveloppe externe des emballages TN 112 est évacuée à chaque cycle par des chemins de communication permettant la vidange par les orifices du raidisseur de fond. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

**Ainsi, 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.**

## 8. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés 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 112 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.

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 112, sauf pour ce qui concerne la justification du caractère pénalisant du coefficient de perméabilité du tritium au travers des joints en élastomère.

Enfin, la Direction de l'expertise en sûreté considère acceptable, du point de vue de la sûreté, le transport en milieu confiné du modèle de colis TN 112 chargé d'assemblages combustibles, dans les conditions définies dans la demande d'autorisation de transport adossée à la demande de renouvellement d'agrément.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

**Anne-Cécile JOUVE**

Adjointe au Directeur de l'expertise en sûreté