

Monsieur le Directeur de la Direction du transport et des sources

Fontenay-aux-Roses, le 22 juillet 2025

## AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00082 DU 22 JUILLET 2025

**Objet :** Transport - Extension d'agrément du modèle de colis TN Eagle®

**Références :** [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2024-036790 du 4 juillet 2024  
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2018

---

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite 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 Eagle®, tel que décrit dans le dossier de sûreté et dans les notes de qualification joints à la demande d'extension d'agrément présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (Orano NPS), dénommée ci-après « le requérant ».

Au 1<sup>er</sup> 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.

Le modèle de colis TN Eagle®, actuellement agréé en tant que colis de type B(U) chargé de matières fissiles pour ses versions 18-41, 18-45 et 16-41 chargées des contenus n° 3 ou n° 4, est destiné au transport sur la voie publique (par voies routière, ferroviaire, fluviale ou maritime) et à l'entreposage à sec d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX) ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée (REP) ou dans les réacteurs à eau bouillante (REB).

La présente demande d'extension d'agrément comprend des modifications portant sur le concept de l'emballage, l'ajout de nouvelles versions (16-45 et 16-48), ainsi que l'ajout de nouveaux contenus. Elle concerne :

- la version 18-45 chargée du contenu n° 2 et la nouvelle version 16-45 chargée du nouveau contenu n° 1 destinées au transport et à l'entreposage d'assemblages combustibles issus de REB ;
- la version 16-41 chargée du contenu n° 3 et du contenu n° 5, la nouvelle version 16-48 chargée du nouveau contenu n° 6 et la version 18-41 chargée du nouveau contenu n° 7 destinées au transport et à l'entreposage d'assemblages combustibles irradiés issus de REP.

À cet égard, le requérant a mis à jour le dossier de sûreté pour tenir compte de ces modifications et pour répondre à certaines des demandes formulées par l'ASN en 2021 à l'issue de l'expertise de la demande d'agrément du modèle de colis TN Eagle®. Pour rappel, la version 16-41 du modèle de colis TN Eagle® chargée du contenu n° 4, intégrée dans la présente demande d'extension d'agrément, a fait l'objet d'une expertise spécifique de l'IRSN en 2024.

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

L'emballage TN Eagle®, de forme générale cylindrique, est constitué d'un corps en acier au carbone, composé soit d'une virole de forte épaisseur avec un fond soudé, soit d'un unique corps forgé appelé « forgé monobloc ». La virole est enserrée par des anneaux de blindage remplis de blocs de résine neutrophage. En tête d'emballage, le premier anneau enserrant la virole est un anneau équipé d'encoches permettant la manutention du modèle de colis TN Eagle®. La cavité est fermée par deux couvercles munis d'un orifice fermé par une tôle et son étanchéité est garantie par des joints métalliques. La face interne du couvercle primaire est équipée d'un système d'amortissement visant à réduire les sollicitations dues à un éventuel impact du contenu sur le système de fermeture en conditions accidentelles de transport (CAT). Chaque extrémité de l'emballage est munie d'un capot amortisseur de chocs constitué d'une enveloppe en acier remplie soit de blocs de bois (capot Standard), soit de blocs de bois au centre et d'un amortisseur métallique en périphérie (capot Honeycomb Shock Absorber (HSA)). Lors des transports, le modèle de colis TN Eagle® est arrimé sur un châssis de transport. Il est manutentionné en utilisant des systèmes auxiliaires n'appartenant pas au modèle de colis. Le modèle de colis TN Eagle® est modulaire avec des dimensions adaptées aux différents contenus. Ainsi, le requérant présente, dans le dossier de sûreté, plusieurs versions du modèle de colis TN Eagle® avec des paramètres géométriques différents (notamment la longueur et le diamètre de la cavité).

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant a modifié l'assemblage vissé du capot de fond du modèle de colis TN Eagle®. Les vis du capot de fond sont désormais vissées directement dans la plaque de fond, cette dernière étant elle-même vissée dans la virole. Par ailleurs, le requérant a introduit une nouvelle graisse pour les vis démontables et a augmenté la masse du capot HSA, désormais égale à celle du capot Standard. Ces modifications ont été examinées dans l'avis de l'IRSN précité relatif à la version 16-41 du modèle de colis TN Eagle® chargée du contenu n° 4 et équipée du capot HSA. **Les autres modifications apportées par le requérant au modèle de colis TN Eagle®, ainsi que les notes de qualification, n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

### 1.2. DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS INTERNES ET DES CONTENUS

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant a introduit quatre nouveaux contenus (n° 1, n° 5, n° 6 et n° 7) constitués d'assemblages combustibles irradiés UOX de type REP ou REB. Ces contenus sont placés dans différents types de paniers en alliage d'aluminium constitués d'un empilement de galettes circulaires. Ces galettes sont espacées par des entretoises intégrant des logements constitués de plats pour maintenir les assemblages en position.

### 1.3. CONFIGURATIONS DU MODÈLE DE COLIS TN EAGLE®

Le requérant présente différentes configurations, chaque configuration associant une version d'emballage, un type de panier, un contenu transporté et une option de capot (Standard ou HSA). Dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®, le requérant présente cinq versions d'emballage et sept configurations.

## 2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

### 2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE (CTR)

En configuration de transport, le modèle de colis TN Eagle® est bloqué sur son châssis dans la direction axiale par une pièce d'interface du châssis se logeant dans une encoche de l'anneau de manutention. Conformément à l'un de ses engagements, le requérant a vérifié la tenue mécanique de cette encoche en retenant le cas pénalisant du contact linéique entre la pièce du châssis et l'encoche. En cohérence, il a modifié le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle® en imposant une longueur minimale de la pièce d'interface. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à l'engagement précité.**

## 2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT (CNT ET CAT)

### 2.2.1. Chutes libres de 0,3 m

Le requérant limite sa démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis TN Eagle® en CNT d'une part à l'étude de l'endommagement des capots pris en compte dans l'étude de radioprotection, d'autre part à l'étude de la tenue mécanique de l'aménagement interne (cf. paragraphe 3 du présent avis d'expertise). Pour les autres composants du modèle de colis, le requérant prend en compte, dans les études du comportement mécanique du modèle de colis TN Eagle® en CAT, les chutes libres d'une hauteur de 0,3 m représentatives des CNT en retenant le cumul de la hauteur des chutes libres en CNT et en CAT (respectivement 0,3 m et 9 m, soit 9,3 m).

### 2.2.2. Chutes libres de 9,3 m

Pour la démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis TN Eagle® lors d'une chute de 9,3 m représentative des CAT, le requérant s'appuie sur des études numériques fondées sur des hypothèses relatives à la géométrie et à la masse maximale du modèle de colis. Il considère ces hypothèses pénalisantes à l'égard de l'ensemble des configurations possibles du modèle de colis. Le requérant a également réalisé deux essais de chute quasi-horizontale (QH) avec une maquette représentative du modèle de colis TN Eagle® pour valider le modèle numérique et démontrer l'étanchéité du modèle de colis à l'issue des chutes de 9,3 m. Les résultats de ces essais ont montré une bonne corrélation avec les études, notamment en ce qui concerne les déformations des capots et les accélérations, ainsi que le maintien de l'étanchéité pour la maquette équipée de l'option de capot HSA. Les décollements résiduels des plans de joints évalués numériquement sont inférieurs à la restitution élastique des joints vieillis, **ce qui est satisfaisant**. Néanmoins, dans un avis antérieur, l'IRSN avait relevé que le décollement maximal transitoire du plan de joint évalué pour le couvercle secondaire dépassait le critère retenu. L'IRSN avait estimé que le requérant devrait justifier qu'un décollement transitoire supérieur au critère retenu ne met pas en cause les performances d'étanchéité du modèle de colis TN Eagle®, notamment au regard des critères de relâchement d'activité. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant devrait également compléter sa justification pour les nouvelles versions du modèle de colis TN Eagle®, objets de la présente demande d'extension d'agrément**. Ce point est particulièrement sensible pour la version 16-48 du modèle de colis TN Eagle® dont la longueur de cavité importante est susceptible d'accentuer les effets dynamiques, en particulier le décollement, lors des chutes QH.

Concernant la démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis TN Eagle® lors des chutes axiales (AT), latérales (LT), obliques côté tête (OT) et QH de 9,3 m, le requérant a retenu des hypothèses qu'il considère pénalisantes en termes de configuration du modèle de colis, d'angle de chute et de température, afin de démontrer le maintien de l'étanchéité du modèle de colis TN Eagle®, la tenue des vis des capots, l'absence de rupture fragile du corps et de talonnement du bois des capots. Il considère que ces hypothèses permettent de couvrir les versions 16-45 et 16-48 du modèle TN Eagle® introduites dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que cette démonstration est satisfaisante**.

Au cours de l'expertise, le requérant a également évalué l'effet d'une chute préalable de 1 m sur poinçon sur la capacité d'absorption d'énergie du capot de tête lors d'une chute LT de 9,3 m. Il conclut que l'écrasement additionnel reste limité et sans incidence sur la démonstration de sûreté. **Il appartient au requérant d'intégrer ces analyses dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®**.

Par ailleurs, à la suite de la modification de l'assemblage vissé du capot de fond du modèle de colis TN Eagle®, le requérant a présenté une étude de la tenue mécanique des vis du capot de fond Standard, fondée sur l'application successive de plusieurs facteurs correctifs à un calcul de référence réalisé pour le modèle de colis équipé de capots de fond HSA. La Direction de l'expertise en sûreté relève que cette étude montre une déformation plastique des vis proche du critère d'acceptabilité et estime qu'elle introduit, par le biais de plusieurs facteurs correctifs, un cumul d'incertitudes difficilement quantifiable. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant devrait consolider sa démonstration avec une modélisation numérique complète et représentative de toutes les versions du modèle de colis TN Eagle® équipées de capots de fond Standard, pour évaluer les déformations plastiques des vis du capot de fond dans le cas d'une chute QH de 9,3 m**.

### 2.2.3. Chutes sur poinçon

Le requérant fonde sa démonstration relative au comportement mécanique du modèle de colis TN Eagle® lors d'une chute de 1 m sur poinçon représentative des CAT sur une approche par similitude avec des essais réalisés pour d'autres modèles de colis, complétée par des calculs analytiques. Il s'appuie notamment sur les résultats des essais de chute réalisés avec les maquettes des modèles de colis TN 843 (chute OT sur poinçon) et TN 97 L (chute AT sur poinçon), en justifiant la représentativité de ces essais pour le modèle de colis TN Eagle® par le calcul analytique de deux paramètres d'influence principaux, à savoir l'énergie de chute (liée à la masse du modèle de colis et à la hauteur de chute) et la capacité d'absorption d'énergie des matériaux amortisseurs des capots du modèle de colis. Ceci lui permet d'évaluer l'énergie transmise au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle®.

Dans l'avis de l'IRSN précité relatif à la version 16-41 du modèle de colis TN Eagle® chargée du contenu n° 4, l'IRSN estimait qu'une justification du maintien de l'étanchéité du système de fermeture lors d'une chute OT sur poinçon, au droit de la zone du capot uniquement constituée de balsa, couvrirait également le cas de la chute AT sur poinçon. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que cette conclusion est valable pour les versions du modèle de colis TN Eagle® concernées par la présente demande d'extension d'agrément.**

À l'issue de l'expertise de l'IRSN relative à la demande d'extension d'agrément déposée en 2023, l'ASN a demandé au requérant d'étudier la tenue mécanique du couvercle secondaire en configuration de chute oblique sur poinçon, avec alignement du centre de gravité du colis, sur la zone uniquement recouverte de balsa des capots (chute OTbalsa). Les éléments transmis par le requérant en réponse à cette demande ne permettaient pas de répondre à la problématique de sûreté portée par la demande de l'ASN (démonstration exclusivement numérique avec un modèle non validé, décollement du plan de joint non corrélable à une étanchéité, non prise en compte des endommagements préalables dus à une chute de 9,3 m...). **Cette conclusion reste valable pour les versions du modèle de colis TN Eagle® concernées par la présente demande d'extension d'agrément.**

Concernant la chute OT sur poinçon au droit des vis du couvercle secondaire (chute OTvis), le requérant a procédé, au cours de l'expertise, à plusieurs révisions successives de sa démonstration, afin de justifier, par similitude avec l'essai réalisé à l'aide de la maquette du modèle de colis TN 843, le maintien de l'étanchéité du système de fermeture du modèle de colis TN Eagle®. Dans un premier temps, il a apporté des corrections au bilan comparant les énergies transmises au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® et de la maquette lors d'une chute OTvis. Cette mise à jour intègre les effets de la température élevée sur la contrainte d'écrasement du bois et la prise en compte de la compaction du bois. Le requérant a ensuite ajusté la hauteur de chute réelle de la maquette et révisé les configurations retenues dans la présente demande d'extension d'agrément (réduction des masses maximales, abandon de certaines configurations...). Ceci a conduit à réduire l'écart entre l'énergie transmise au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® et celle transmise au système de fermeture de la maquette. Enfin, il a modifié sa méthode d'estimation de l'énergie absorbée par les capots, en introduisant une approche fondée sur l'état déformé des capots après chute et sur les taux d'écrasement disponibles avant compaction. Malgré ces révisions, les évaluations réalisées par le requérant mettent en évidence, pour certaines configurations, un surplus d'énergie transmise au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® par rapport à celle transmise au système de fermeture de la maquette du modèle de colis TN 843. Les calculs du requérant confirment que ce surplus induit une sur-sollicitation mécanique du couvercle secondaire du modèle de colis TN Eagle®, dont la rigidité globale est par ailleurs inférieure à celle de la maquette.

La Direction de l'expertise en sûreté estime que, malgré les révisions successives apportées par le requérant à l'évaluation du bilan de l'énergie transmise au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® et de la maquette lors d'une chute OTvis, la démonstration par calculs analytiques ne permet ni de garantir la représentativité de la maquette du modèle de colis TN 843, ni de démontrer que le surplus d'énergie transmise au système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® est sans effet significatif. **Aussi, les éléments transmis par le requérant ne permettent pas, à ce stade, de justifier le maintien de l'étanchéité du système de fermeture du modèle de colis TN Eagle®.**

En toute fin d'expertise, le requérant a modifié le concept du capot de tête du modèle de colis TN Eagle® pour répondre à cette exigence de sûreté. Ce point est discuté au paragraphe 13 du présent avis d'expertise.

#### 2.2.4. Influence de la masse du modèle de colis

Pour rappel, dans le cadre de l'expertise relative à la version 16-41 du modèle de colis TN Eagle® chargée du contenu n°4, l'IRSN a formulé des observations, notamment relatives aux sollicitations mécaniques des composants internes (tapes, vis de fermeture, plans de joint et panier) et à la représentativité des hypothèses de calcul (accélération maximale, fréquences de coupure et configurations de chute). **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces observations restent pleinement applicables dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément compte tenu des masses des versions de modèle de colis TN Eagle®, objets de la présente demande d'extension d'agrément.**

### 3. COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU CONTENU

Le requérant a révisé, au cours de l'expertise, l'analyse de la tenue mécanique des paniers du modèle de colis TN Eagle® en CNT, notamment en cas de chute libre horizontale de 0,3 m, en réalisant des calculs numériques pour chacun des types de paniers du modèle de colis TN Eagle®. Le requérant a mis à jour les hypothèses de modélisation (prise en compte des jeux d'assemblage panier/virole, correction des géométries de logements, propriétés mécaniques des matériaux intégrant un découpage thermique conforme aux profils de température issus de l'étude thermique). Sur la base de ces calculs, le requérant conclut d'une part que les déformations plastiques maximales des galettes restent très inférieures aux limites d'allongement à la rupture des matériaux, écartant tout risque de rupture, d'autre part que les jeux fonctionnels entre les assemblages combustibles et les logements sont préservés après chute. Ces résultats permettent selon lui de garantir la possibilité de déchargement du contenu. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que la démarche du requérant est convenable.**

### 4. COMPORTEMENT THERMIQUE

En réponse à son engagement relatif à la qualification des joints d'étanchéité métalliques du modèle de colis TN Eagle®, s'agissant des joints métalliques des couvercles primaire et secondaire, le requérant a effectué des essais de tenue en température de ces joints. **Ces essais, expertisés précédemment par l'IRSN, n'ont pas appelé de remarque.** S'agissant des joints métalliques des tapes d'orifice, le requérant a indiqué, au cours de l'expertise, que les températures maximales d'utilisation sont celles déterminées par le fournisseur. La Direction de l'expertise en sûreté souligne que la température maximale d'utilisation du joint de la tape d'orifice du couvercle secondaire figurant dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle® n'est pas cohérente avec celle des données du fournisseur. En outre, en l'absence d'information sur le protocole expérimental du fournisseur, la représentativité de la méthode de détermination de cette température par rapport aux températures représentatives des CNT et des CAT ne peut être garantie. Aussi, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant n'a pas répondu de manière satisfaisante à l'engagement précité pour les joints métalliques des tapes d'orifice.**

Par ailleurs, le requérant a réalisé des études du comportement thermique pour les nouvelles versions et les nouveaux contenus du modèle de colis TN Eagle® objets de la présente demande d'extension d'agrément. Il conclut que la température maximale d'utilisation n'est pas dépassée pour les joints métalliques des couvercles et des tapes en CNT et en CAT et pour la résine des anneaux de blindage en CNT. L'épaisseur de cette résine étant réduite dans les calculs de radioprotection en CAT, **ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Enfin, en réponse à un engagement, le requérant avait déterminé, pour les versions 18-41 et 18-45 définies dans le premier certificat d'agrément du modèle de colis TN Eagle®, les puissances maximales permettant de maintenir la température des surfaces accessibles du modèle de colis TN Eagle® inférieures au critère réglementaire de 85 °C. Ces puissances étant inférieures à celles spécifiées dans le certificat d'agrément, il a indiqué que ces

versions seront transportées avec une barrière thermique. Les versions 18-41 et 18-45 ayant été modifiées sans mise à jour de l'étude, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant n'a pas formellement répondu à l'engagement précité.** Par ailleurs, il n'a pas réalisé d'études pour les autres versions du modèle de colis TN Eagle® car il considère qu'elles devraient conduire à des résultats similaires. Le requérant a toutefois indiqué que toutes les versions seront transportées avec une barrière thermique. **En tout état de cause, il appartient au requérant de demander auprès de l'autorité de sûreté compétente une autorisation de transport confiné.**

## 5. CONFINEMENT

Le requérant a évalué le relâchement d'activité pour les nouvelles versions et les nouveaux contenus du modèle de colis TN Eagle® objets de la présente demande d'extension d'agrément. En particulier, il a vérifié que les pressions maximales dans la cavité en CNT et en CAT restent inférieures au critère réglementaire de 7 bar relatif. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.** Le requérant a tenu compte dans son évaluation de la rupture de tous les assemblages combustibles en CNT et en CAT, des températures maximales des gaz dans la cavité, de la pression extérieure minimale prescrite par la réglementation citée en seconde référence et du taux de fuite maximal admissible du modèle de colis TN Eagle® avant transport. Il en déduit que les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés en CNT et en CAT. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

## 6. RADIOLYSE

Le requérant a mis à jour l'analyse des risques induits par la radiolyse de l'eau résiduelle présente dans la cavité afin de couvrir toutes les versions du modèle de colis TN Eagle® objets de la présente demande d'extension d'agrément. Il a pris en compte la modification de la quantité d'eau susceptible d'être présente dans la cavité à l'issue de l'opération de séchage (cf. paragraphe 9 du présent avis d'expertise) et a vérifié que le mélange gazeux formé dans la cavité ne présente pas de risque d'inflammation. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

## 7. RADIOPROTECTION

Le requérant a évalué les débits d'équivalent de dose (DED) au contact et à proximité du modèle de colis TN Eagle® afin de prendre en compte les nouvelles versions et les nouveaux contenus.

Pour le contenu n° 3 comprenant des assemblages combustibles MOX, le requérant retient un vecteur isotopique du plutonium dans le calcul d'évolution en se basant sur une étude de sensibilité réalisée pour le modèle de colis TN 112. Toutefois, les assemblages combustibles chargés dans le modèle de colis TN 112 étant différents de ceux chargés dans le modèle de colis TN Eagle®, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que le requérant devrait réaliser une étude de sensibilité du vecteur isotopique du plutonium sur les DED évalués pour le modèle de colis TN Eagle® chargé du contenu n° 3.**

Le requérant conclut de ses évaluations que les critères réglementaires de DED sont respectés en CTR, en CNT et en CAT. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

## 8. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant n'a pas modifié la démonstration relative à la prévention des risques de criticité. Il considère que celle réalisée pour le modèle de colis TN Eagle® chargé d'assemblages combustibles irradiés à base d'UO<sub>2</sub> couvre les nouveaux contenus (contenus n° 1, n° 5, n° 6 et n° 7). **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

## 9. UTILISATION ET FABRICATION

La fermeture des couvercles du modèle de colis TN Eagle® est réalisée au moyen de vis qui sont sensibles au phénomène de fragilisation par l'hydrogène. En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a indiqué, dans le dossier de sûreté, les dispositions retenues lors de la fabrication pour réduire ce risque. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que les éléments apportés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à un engagement relatif à la démonstration de l'efficacité de séchage de la cavité du modèle de colis TN Eagle®, le requérant a transmis des justifications concernant la représentativité de l'essai de séchage réalisé sur la maquette du modèle de colis TN JA par rapport au modèle de colis TN Eagle®. Compte tenu des écarts de représentativité importants concernant le fond de la cavité, le requérant a réévalué la quantité d'eau résiduelle à l'issue des opérations de séchage en considérant un film d'eau potentiellement piégé au niveau de l'interface panier/cavité. Il a ensuite pris en compte cette quantité d'eau révisée dans les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN Eagle®, notamment celle relative au risque de radiolyse. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que les compléments apportés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante à l'engagement précité.**

## 10. VIEILLISSEMENT

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant a révisé l'analyse du vieillissement du modèle de colis TN Eagle®, pour répondre aux exigences du paragraphe 613A de la réglementation citée en seconde référence. Cette révision prend notamment en compte les nouveaux contenus et les modifications apportées au modèle de colis TN Eagle®.

Le requérant identifie les principaux facteurs susceptibles d'altérer les propriétés des composants du modèle de colis TN Eagle® importants pour la sûreté (température, humidité, irradiation et sollicitations mécaniques). Il définit quatre scénarios représentatifs, combinant différentes durées de transport et d'entreposage, avec ou sans couvercle secondaire. Pour chaque composant, le requérant évalue les effets des facteurs de vieillissement, précise les dispositifs de surveillance ou les limites d'utilisation éventuellement appliquées et justifie l'absence de dégradation significative ou la présence de marges suffisantes. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que cette démarche est satisfaisante.** Néanmoins, le requérant ne mentionne plus systématiquement, dans le dossier de sûreté et dans le projet de certificat d'agrément, l'interdiction de rechargement de l'emballage avec des assemblages combustibles différents de ceux du premier chargement, initialement prévue pour certains contenus afin de respecter les hypothèses de vieillissement de la résine. **La Direction de l'expertise en sûreté propose d'introduire explicitement, dans le projet de certificat d'agrément, une mention encadrant les possibilités de rechargement du modèle de colis TN Eagle® avant entreposage.**

Le requérant a précisé, au cours de l'expertise, que l'absence de corrosion généralisée sur la paroi interne du corps de l'emballage est assurée par la combinaison d'un revêtement interne, de l'inertage à l'hélium, de l'étanchéité de la cavité et de la faible humidité résiduelle après séchage. Il n'a toutefois pas transmis le rapport de qualification du revêtement interne de la paroi du corps de l'emballage. **Compte tenu des dispositions mises en œuvre par le requérant, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le risque de corrosion de la paroi interne du corps de l'emballage devrait rester limité. En tout état de cause, il appartient au requérant de fournir ce rapport de qualification, afin de conforter la justification de la tenue du revêtement au vieillissement dans les conditions d'utilisation envisagées du modèle de colis TN Eagle®.**

S'agissant du risque de corrosion galvanique susceptible de se produire au niveau des plans de joint, le requérant a indiqué, au cours de l'expertise, que les conditions de chargement (séchage et inertage) ne permettent pas un contact prolongé entre les surfaces métalliques et une solution aqueuse. Il a également indiqué que les couples de matériaux utilisés au niveau du plan de joint présentent un potentiel électrochimique faible et donc un risque négligeable de corrosion galvanique. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces justifications sont satisfaisantes.**

## 11. QUALIFICATION DU REVÊTEMENT DES PLANS DE JOINT

Le requérant a introduit la possibilité d'appliquer un nouveau revêtement sur les surfaces d'appui des joints métalliques (plans de joint) du couvercle primaire et du couvercle secondaire du modèle de colis TN Eagle®, soit par un revêtement en nickel pour prévenir la corrosion, soit par un habillage en acier inoxydable. À cet égard, il a transmis des éléments justifiant la qualification du processus de revêtement.

Les essais de corrosion en immersion dans de l'eau borée, réalisés par le requérant, n'ont révélé aucune dégradation du revêtement. Toutefois, les températures des plans de joint pendant l'entreposage et le transport du modèle de colis TN Eagle® peuvent dépasser la température appliquée lors de ces essais.

Le requérant a réalisé une série de tests de chocs thermiques et un cyclage à haute température sur des échantillons revêtus, afin d'évaluer l'adhérence du revêtement dans des conditions représentatives d'un incendie réglementaire. Les performances mesurées lors des essais satisfont aux exigences d'acceptabilité définies par le référentiel technique. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté estime que ces essais ne permettent pas d'apprécier la tenue du revêtement dans des conditions d'usage réalistes, incluant des sollicitations thermiques répétées pouvant survenir lors de campagnes successives de transport ou après une phase d'entreposage.

**La Direction de l'expertise en sûreté estime que les éléments présentés par le requérant concernant la qualification du revêtement des plans de joint constituent une base globalement satisfaisante. Néanmoins, au regard de la prise en compte des exigences de la réglementation en lien avec le vieillissement, le requérant devrait renforcer la justification de la tenue à long terme du revêtement dans des conditions représentatives des conditions de transport et d'entreposage du modèle de colis TN Eagle®.**

## 12. SYSTÈME DE GESTION DE LA QUALITÉ

Au cours de l'expertise, le requérant a transmis de nombreuses justifications sous forme de courrier afin de compléter sa démonstration de sûreté du modèle de colis TN Eagle®. Aussi, **il appartient au requérant d'inclure ces compléments dans la prochaine révision du dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®.**

## 13. EVOLUTION DU CAPOT DE TÊTE - SYSTÈME AEA

Pour rappel, en toute fin d'expertise, le requérant a introduit une évolution du concept du capot de tête du modèle de colis TN Eagle® pour justifier le maintien de l'étanchéité du système de fermeture du modèle de colis TN Eagle® lors d'une chute OT sur poinçon. Elle consiste à intégrer un dispositif de dissipation d'énergie, dénommé « système AEA » (Additional Energy Absorber), destiné à réduire l'énergie de chute transmise au système de fermeture en cas de chute de 1 m sur poinçon (chute OT). Décliné en deux options (Standard-AEA et HSA-AEA), le système repose sur un dispositif intégré dans le capot sans modification des interfaces d'assemblage, mais avec une réduction de l'épaisseur du bois et du matériau amortisseur métallique. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que le principe retenu est pertinent au regard des mécanismes de dissipation d'énergie.**

**Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que l'introduction du système AEA constitue une évolution favorable du capot de tête du modèle de colis TN Eagle®.** Cette nouvelle protection du système de fermeture permet d'améliorer sa tenue mécanique, notamment lors d'une chute sur poinçon côté tête (chute OT) du modèle de colis TN Eagle®.

Bien que la Direction de l'expertise en sûreté estime que la modification précitée soit satisfaisante sur le plan théorique, la justification présentée par le requérant repose sur une démonstration fondée, à ce stade, sur des calculs analytiques. **À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté souligne l'importance de l'engagement pris par le requérant en toute fin d'expertise de réaliser un essai de chute avec une maquette du modèle de colis TN Eagle®, afin de confirmer expérimentalement la robustesse de la démonstration de sûreté relative au maintien de l'étanchéité du modèle de colis TN Eagle®, équipé des nouveaux capots Standard-AEA ou HSA-AEA, à l'issue des chutes représentatives des CAT.**

## 14. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des nombreuses évolutions transmises par le requérant au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le modèle de colis TN Eagle®, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément tenant compte de la modification proposée par la Direction de l'expertise en sûreté, est conforme aux prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicable aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles, excepté pour les exigences relatives à la chute sur poinçon.

À cet égard, en toute fin d'expertise, le requérant a introduit une évolution du concept du capot de tête du modèle de colis TN Eagle®, en intégrant un dispositif de dissipation d'énergie (système AEA), déclinée en deux options (Standard-AEA et HSA-AEA). Il a transmis des justifications visant à démontrer que le modèle de colis TN Eagle® équipé de ces nouveaux capots de tête permet de répondre aux exigences de la réglementation relatives à la chute sur poinçon. La Direction de l'expertise en sûreté estime que l'introduction de ces nouveaux capots constitue une évolution favorable et que la démonstration relative à la justification de la capacité du modèle de colis TN Eagle® équipé du système AEA à respecter la réglementation est satisfaisante sur le plan théorique. Néanmoins, cette démonstration repose uniquement sur une approche théorique fondée sur des calculs analytiques. À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté souligne l'importance de l'engagement pris par le requérant de réaliser un essai de chute avec une maquette du modèle de colis TN Eagle®, afin de confirmer expérimentalement la robustesse de la démonstration de sûreté relative au maintien de l'étanchéité du modèle de colis TN Eagle® équipé des nouveaux capots Standard-AEA ou HSA-AEA, à l'issue des chutes représentatives des CAT.

Enfin, la Direction de l'expertise en sûreté souligne que le requérant a d'ores et déjà répondu de manière satisfaisante à un nombre significatif d'engagements et de demandes formulées par l'ASN. Il lui appartiendra néanmoins de traiter, dans le cadre du prochain renouvellement d'agrément du modèle de colis TN Eagle®, les demandes et les engagements restant à prendre en compte.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

**Eric LETANG**

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté