

Monsieur le Directeur de la direction du transport et des sources

Fontenay-aux-Roses, le 26 mars 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00025 DU 26 MARS 2025

Objet : Transport - Extension d'agrément du modèle de colis TN MW

Références : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2024-023122 du 26 avril 2024.
[2] Règlement de transport de l'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 MW, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint 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^{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.

Le modèle de colis TN MW a été conçu pour transporter des canettes contenant de l'uranium irradié provenant de l'Institut National des Radioéléments (IRE) situé en Belgique et à destination de l'Établissement Orano Recyclage de La Hague par voies routière, ferroviaire ou maritime. Actuellement, il est agréé jusqu'au 1^{er} mai 2029 en tant que colis de type B(U) chargé matières de fissiles.

La production de radioisotopes médicaux, par irradiation de cibles d'uranium dans l'installation IRE, génère la production de résidus contenant de l'uranium et des produits de fission. Le centre de recherche nucléaire belge (SCK CEN) a pour objectif de traiter ces résidus via une dissolution nitrique générant des solutions liquides de produits de fission qui seront ensuite expédiées afin d'être vitrifiées dans les usines de La Hague. Le requérant identifie l'emballage TN MW pour le transport par voie routière de ces solutions dans une version dite « liquide » (par la suite dénommée « TN MW liquide ») comportant des modifications de concept. Aussi, le requérant demande une extension d'agrément pour le modèle de colis TN MW chargé de solutions liquides d'acide nitrique contenant des produits de fission, en tant que colis de type B(M) chargés de matières non fissiles ou fissiles exceptées, selon le règlement de transport de l'AIEA cité en seconde 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

Pour la présente demande d'extension d'agrément, le modèle de colis TN MW liquide est constitué d'un nouveau concept d'emballage TN MW et d'un contenu radioactif constitué de solution d'acide nitrique contenant des produits de fission sous forme liquide directement au contact de l'emballage. À l'instar de la version standard, l'emballage TN MW liquide est de forme générale cylindrique, avec un corps et un couvercle en acier inoxydable.

En revanche, il a des dimensions légèrement différentes, une masse inférieure à celle de la version standard et comporte des modifications de concept concernant principalement :

- un renforcement des capots amortisseurs ;
- l'ajout d'équerres de fixation entre le capot amortisseur de fond et le corps de l'emballage ;
- la modification du couvercle, désormais muni de quatre orifices obturés par une tôle en acier inoxydable vissée et équipée de joints d'étanchéité.

Le modèle de colis TN MW liquide, au contraire de la version standard, est chargé en position verticale et est arrimé par des sangles sur une palette spécifique de transport à l'aide des quatre oreilles positionnées sur la virole de l'emballage. Du fait de sa faible masse, le requérant ne considère pas la palette dans les démonstrations de sûreté.

Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.

La cavité interne de l'emballage est destinée à accueillir les solutions d'acide nitrique contenant des produits de fission (contenu n° 1) ou un volume résiduel de solution résultant des opérations de vidange (contenu n° 2). Enfin, l'emballage étant transporté à la verticale et partiellement rempli, seule la partie inférieure de la cavité de l'emballage est directement exposée à l'acide nitrique.

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Pour démontrer la tenue mécanique des assemblages vissés du modèle de colis TN MW liquide en conditions de transport de routine (CTR), le requérant s'appuie sur des calculs analytiques prenant en compte les efforts liés au serrage des vis, les effets de la pression interne (pour les vis de l'enveloppe de confinement), une accélération enveloppe de celle spécifiée dans la réglementation de l'AIEA et le phénomène de rétraction thermique de matériaux de assemblages vissés. Il conclut que les contraintes de Von Mises dans les vis et les contraintes de cisaillement dans les filets des vis et des taraudages sont inférieures aux critères admissibles. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

Pour l'étude de la tenue mécanique des capots amortisseurs du modèle de colis TN MW liquide, le requérant évalue par calcul analytique des contraintes maximales acceptables sur l'enveloppe externe des capots amortisseurs au regard des sollicitations résultant d'une pression différentielle entre le capot amortisseur et l'extérieur, d'une accélération enveloppe de celle spécifiée dans la réglementation et de la tension initiale des sangles. En outre, concernant la tenue à la fatigue des soudures des tôles des capots amortisseurs et des organes sollicités en transport, il évalue un endommagement acceptable. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour démontrer la tenue des organes de manutention et des soudures associées lors des opérations de manutention, le requérant considère que la masse du modèle de colis TN MW liquide, muni de sa palette, est répartie sur deux oreilles et tient compte de l'effet du levage à l'arrachée. En outre, pour démontrer la tenue des organes d'arrimage et des soudures associées, le requérant tient compte dans son évaluation de la présence de sangles et d'un tapis anti-glisse, qui permettent respectivement de reprendre les efforts de basculement et de glissement du modèle de colis. À cet égard, **le tapis anti-glisse étant un élément de la démonstration de sûreté, il appartient au requérant de mentionner sa présence et son coefficient de frottement dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation du modèle de colis TN MW liquide. Les autres éléments n'appellent pas de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.**

2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

L'étude du comportement mécanique de la version liquide du modèle de colis TN MW à l'issue des épreuves réglementaires simulant les conditions normales (CNT) et accidentelles de transport (CAT) repose sur des calculs numériques et analytiques considérant la plage de températures réglementaire.

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant s'appuie sur les conclusions des analyses de chute de la version standard du modèle de colis TN MW qu'il considère enveloppes de la version TN MW liquide en termes d'une part de hauteur de chute (la version TN MW liquide n'étant pas soumise au cumul des chutes CNT et CAT en

raison du caractère fissile excepté de ses contenus et de la température minimale autorisée), d'autre part de masse du contenu réduite. En complément, il a étudié l'influence des modifications apportées au concept, en particulier des éléments de fermeture et du capot de fond. Il conclut que les capacités d'absorption du bois des capots sont suffisantes pour permettre de garantir l'étanchéité du modèle de colis TN MW liquide à l'issue des chutes représentatives des CAT. Ainsi, le requérant estime que la tenue du modèle de colis TN MW liquide en CNT et CAT est garantie.

La Direction de l'expertise en sûreté estime que l'approche retenue par le requérant est satisfaisante. Toutefois, elle relève que, pour ce qui concerne la chute oblique sur poinçon, le requérant n'a pas démontré l'absence de contact entre la tôle anti-poinçonnement et la tôle inférieure de serrage du capot amortisseur en tenant compte des propriétés du bois en température et du cas de chute oblique passant par l'évidement du capot. Les conséquences de ce risque sont discutées au paragraphe ci-après.

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

L'étude du comportement thermique du modèle de colis TN MW liquide est fondée sur des calculs analytiques et numériques. Les calculs du requérant montrent que les températures des différents composants atteintes en CNT ne sont pas de nature à mettre en cause les fonctions de sûreté du modèle de colis TN MW liquide. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Les températures déterminées par le requérant à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie présentent des marges de sûreté importantes à l'égard des critères définis, notamment pour ce qui concerne les joints d'étanchéité du modèle de colis TN MW liquide. À cet égard, le requérant prend en compte, dans ses modèles de calculs, les endommagements des capots amortisseurs résultant des chutes en CAT, notamment les écrasements de l'ensemble des blocs de bois et un évidement traversant le capot de tête au droit du couvercle représentant un trou de poinçon. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En outre, le requérant a étudié les conséquences de la poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie, en prenant en compte l'élévation forfaitaire usuellement retenue sur la température des joints. Il montre ainsi que ce phénomène n'a pas de conséquence sur la température maximale des solutions d'acide nitrique en CAT, compte tenu en particulier du caractère lent du phénomène en regard de la dynamique de refroidissement du corps de l'emballage et du contenu. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Enfin, pour ce qui concerne le risque de contact métal/métal entre la tôle anti-poinçonnement et la tôle inférieure de serrage du capot amortisseur à la suite d'une chute oblique sur poinçon, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que la présence d'une marge de sûreté importante sur la température des joints permet d'écarter de manière acceptable ce risque de contact.**

4. CONFINEMENT

4.1. RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ

Pour évaluer le relâchement d'activité du modèle de colis TN MW liquide en CNT et en CAT, le requérant tient compte uniquement des relâchements en phase liquide. Il estime que le contenu, constitué de solution d'acide nitrique contenant des produits de fission, ne contient pas de gaz, au motif que la température de changement d'état des éléments chimiques susceptibles d'être présents à l'état gazeux est bien supérieure à la température maximale dans la cavité du modèle de colis représentative des CAT. La Direction de l'expertise en sûreté relève que ces températures correspondent à des éléments purs, qui peuvent également exister sous différents degrés d'oxydation et différentes formes chimiques. En outre, une fraction de l'activité peut se retrouver d'une part fixée aux vapeurs, dont le taux de transfert depuis la solution n'est pas évalué par le requérant, d'autre part directement dans le ciel de la cavité via d'autres phénomènes également non évalués (tels que la vapeur saturante ou la radiolyse). À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté a vérifié, en tenant compte de la concentration maximale en activité de la solution que la prise en compte de ces éléments ne devrait pas mettre en cause la sûreté des transports du modèle de colis TN MW liquide.

Par ailleurs, dans son étude, le requérant considère une concentration maximale de l'activité (tenant compte de la nouvelle définition du contenu maximal) dans les effluents, dont l'homogénéité ne lui paraît pas acquise, en particulier en cas de décantation, ségrégation ou précipitation de l'activité avant ou pendant le transport. Aussi, il précise qu'une filtration avant le remplissage du modèle de colis est prévue d'être mise en place, limitant ainsi ces phénomènes et la taille des précipités. Dans l'attente d'intégrer cette opération dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation du dossier de sûreté, **la Direction de l'expertise en sûreté propose de l'ajouter dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis TN MW liquide.**

Sur la base des résultats de son étude, le requérant conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés en CNT et CAT avec des marges suffisantes. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

4.2. DIMENSIONNEMENT DES JOINTS

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant a évalué, en tenant compte des tolérances de fabrication, le taux de remplissage des gorges des joints de l'enveloppe de confinement aux températures atteintes en CNT et CAT. Il conclut au respect du critère d'extrusion pour le modèle de colis TN MW liquide. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

En outre, le requérant a vérifié, au cours de l'expertise, que le taux de compression de ces joints à basse température est suffisant pour garantir l'étanchéité du modèle de colis TN MW liquide, en tenant compte d'une valeur de déformation rémanente après compression du joint en élastomère et des tolérances de fabrication. **Les taux de compression calculés par le requérant présentent des marges que la Direction de l'expertise en sûreté estime satisfaisantes.**

5. RADIOPROTECTION

Le requérant a évalué les débits d'équivalent de dose (DED) autour du modèle de colis TN MW liquide en considérant l'inventaire et le volume de solution maximaux autorisés. Il conclut que les critères réglementaires sont respectés dans toutes les conditions de transport. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

6. RISQUES SUBSIDIAIRES

6.1. RADIOLYSE

Dans la mesure où les solutions contiennent des produits de fission pouvant conduire à la production de dihydrogène par radiolyse, le requérant limite la durée maximale de transport autorisée en CNT pour le modèle de colis TN MW liquide. De plus, il a vérifié que la concentration en dihydrogène dans l'enceinte de confinement du modèle de colis TN MW reste bien inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité de l'hydrogène dans l'air dans toutes les conditions de transport. Il conclut que le risque de radiolyse est maîtrisé. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

6.2. CORROSION

Au regard de la présence d'acide nitrique, le requérant retient une valeur de perte d'épaisseur de l'acier sur la durée de vie du modèle de colis TN MW liquide (40 ans) sans toutefois la justifier dans le dossier de sûreté. Au cours de l'expertise, il a indiqué que les phénomènes de corrosion généralisée et de corrosion localisée sont négligeables, compte tenu du temps de séjour faible de la solution dans la cavité du modèle de colis et du faible nombre de transports prévus par an. Il s'appuie en outre sur un retour d'expérience montrant le bon comportement de l'acier utilisé pour le corps de l'emballage en présence d'effluents de produits de fission. Enfin, il a mis à jour, au cours de l'expertise, le chapitre relatif aux instructions d'utilisation du modèle de colis TN MW liquide pour intégrer un rinçage systématique de la cavité à chaque vidange dans l'objectif de prévenir le risque d'accumulation d'éventuels dépôts et donc de réduire le risque de corrosion. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces dispositions sont de nature à limiter de manière satisfaisante le risque de corrosion dans la cavité du modèle de colis TN MW liquide.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Le requérant présente, dans le dossier de sûreté, les opérations de vérification de la conformité du modèle de colis réalisées à l'issue des opérations de fabrication des emballages TN MW liquide. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour l'utilisation du modèle de colis TN MW liquide, en complément des opérations de rinçage mentionnées au paragraphe précédent, le requérant identifie différentes dispositions dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation du dossier de sûreté. Toutefois, pour l'arrimage, il ne mentionne pas la tension maximale des sangles considérée dans les études de tenue mécanique en CTR. À cet égard, le requérant a précisé, au cours de l'expertise, qu'il s'appuie sur la norme NF EN 12195-1 relative au dimensionnement des arrimages pour véhicule routier pour garantir cette tension. Aussi, **il appartient au requérant de mentionner cette norme dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation du modèle de colis TN MW liquide.** Pour ce qui concerne le tapis anti-glisse, en attendant de l'intégrer dans le chapitre relatif aux instructions d'utilisation, **la Direction de l'expertise propose de mentionner le coefficient de frottement minimal du tapis anti-glisse dans le projet de certificat d'agrément.** **Les autres dispositions n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Les éléments présentés dans le dossier de sûreté pour la maintenance du modèle de colis TN MW liquide n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.

8. MÉCANISMES DE VIEILLISSEMENT

Pour mémoire, le requérant avait présenté, dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN MW dans sa version standard, une analyse des phénomènes de vieillissement, conformément aux exigences de l'édition 2018 du règlement de l'AIEA cité en deuxième référence.

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant identifie les principaux risques de vieillissement spécifiques au modèle de colis TN MW liquide, en particulier la corrosion des composants métalliques, le vieillissement thermique des joints élastomères et les effets des sollicitations mécaniques en fatigue sur les oreilles d'arrimage et de manutention. Toutefois, il ne mentionne pas, dans son analyse, le vieillissement du tapis anti-glisse ou l'influence des cycles de serrage/desserrage des différents assemblages vissés (couvercle, tape, équerres en particulier) sur leur capacité à maintenir leur précharge minimale définie dans le dossier de sûreté. Le requérant pourrait compléter l'analyse des mécanismes de vieillissement sur ces points. **En tout état de cause, la Direction de l'expertise en sûreté estime que l'étude réalisée par le requérant permet de répondre aux objectifs du règlement de l'AIEA relatifs aux phénomènes de vieillissement.**

9. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, tenant compte des éléments transmis par la société Orano NPS au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que le modèle de colis TN MW chargé de solution d'acide nitrique contenant des produits de fission, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément tenant compte des modifications proposées 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(M) chargés de matières non fissiles ou fissiles exceptées.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté