

Fontenay-aux-Roses, le 4 mai 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00063

Objet : Transport - Renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 106

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-025653 du 9 juin 2022.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2012.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) d'une part sur la conformité à la réglementation citée en seconde référence du modèle de colis TN 106 en tant que colis de type B(U) chargé de matières fissiles, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande de renouvellement d'agrément, d'autre part sur la demande d'autorisation de transport en milieu confiné de ce modèle de colis, présentées par la société Orano Nuclear Package and Service (Orano NPS), dénommée ci-après le requérant.

Cette demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 106 concerne le transport par voies terrestre et maritime d'éléments combustibles et de matières radioactives, irradiés ou non, à base d'uranium, de plutonium, sous formes d'oxydes, de nitrures et de carbures, de métal, répartis dans quatre contenus. Les précédents certificats d'agrément associés à ces contenus ont expiré le 30 septembre 2022.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des compléments apportés par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant n'a pas modifié l'emballage TN 106. Pour rappel, il est constitué d'un corps cylindrique composé d'enveloppes métalliques délimitant une cavité interne et un espace rempli d'une protection neutronique. Une variante longue et une variante courte de l'emballage TN 106 sont actuellement disponibles. La cavité de l'emballage est destinée à accueillir des aménagements internes dans lesquels sont chargés les contenus. Les composants de fermeture de la cavité sont équipés de joints d'étanchéité en élastomère. Des capots amortisseurs de chocs, remplis de blocs de bois, sont vissés à chaque extrémité du corps de l'emballage. La manutention du colis est effectuée par les deux oreilles soudées sur la génératrice supérieure du corps de l'emballage.

Conformément à des demandes de l'ASN, le requérant a mis à jour le dossier de sûreté concernant des caractéristiques mécaniques de l'acier, des dimensions de gorges externes, des descriptions de soudures et les

positions des pastilles et des bouchons fusibles. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

1.2. DESCRIPTION DES CONTENUS

Les contenus transportés peuvent provenir de différents types de réacteurs et être de différentes natures : sains (éléments intègres sous forme d'aiguilles, de crayons ou de sur-conteneurs étanches), ruptés (éléments devenus inétanches lors de l'irradiation en réacteur) ou non-intègres (sous forme de pastilles, de tronçons de crayon ou d'aiguille, de poudres ou de fragments de combustible). Le mélange, dans la cavité de l'emballage, d'éléments sains, ruptés ou non-intègres est autorisé sous réserve de respecter les limites de masse de métal lourd par élément et par chargement définies pour chaque contenu dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 106. En outre, la présence d'eau et de matières plus hydrogénées que l'eau dans l'emballage est dorénavant interdite.

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement, le requérant prévoit d'une part d'ajouter un sous-contenu (les études de confinement et de radioprotection ont été révisées en conséquence), d'autre part de supprimer certains contenus, les autres contenus et sous-contenus n'étant quant à eux pas modifiés.

Conformément à une demande de l'ASN portant spécifiquement sur l'un des contenus, le requérant précise dorénavant dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 106 que les émissions gamma issues de l'activation des pièces transportées sont bien prises en compte. **Aussi, l'IRSN estime que cette demande de l'ASN peut être soldée.**

2. COMPORTEMENT MECANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE (CTR)

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement, le requérant a mis à jour l'étude de la résistance mécanique des dispositifs d'arrimage et de manutention du modèle de colis TN 106 afin notamment de répondre à plusieurs demandes de l'ASN.

En réponse à une demande de l'ASN portant sur l'angle maximal au sommet des élingues à considérer lors de la manutention du colis, le requérant retient dorénavant un angle maximal de 45° que forment les élingues avec la verticale et a mis à jour le calcul de la tenue mécanique des oreilles de manutention et de leurs soudures en cohérence. En outre, il étudie le mode de rupture par arrachement de matière en traction. Il conclut que les contraintes dans les oreilles de manutention et les soudures ne mettent pas en cause la tenue des organes de manutention du modèle de colis TN 106. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

Le requérant a également révisé l'analyse de tenue à la fatigue des tourillons en transport maritime afin de prendre en compte le référentiel d'accélération validé par l'ASN. Ce nouveau référentiel ne met pas en cause le dimensionnement des tourillons. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Enfin, le requérant a révisé l'analyse de la tenue mécanique des vis de l'emballage en CTR afin de vérifier l'absence de déformations plastiques des rondelles des vis de fixations des capots et de prendre en compte le phénomène de rétractation thermique à -40 °C sur le comportement des assemblages vissés du colis. **L'IRSN estime que les compléments apportés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN sur ces sujets.**

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

Le requérant a révisé certains chapitres relatifs à la résistance mécanique du modèle de colis TN 106 aux CAT afin de répondre à plusieurs demandes de l'ASN.

En réponse à une demande de l'ASN sur la fréquence de filtrage, le requérant considère, au regard des modes propres du modèle de colis TN 106, que la fréquence retenue dans les calculs couvre les principaux modes et que les accélérations déterminées par calcul permettent de vérifier l'absence de décollement des tapes de l'emballage avec des marges significatives. **L'IRSN estime que la présence de marges importantes permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN sur le sujet.**

En réponse à une demande de l'ASN d'évaluer le volume de bois endommagé à l'issue de l'épreuve de chute sur poinçon, le requérant retient dorénavant un endommagement du capot plus important. Il justifie la suffisance de cet endommagement notamment sur la base du retour d'expérience de différentes chutes sur poinçon réalisées pour des colis semblables au modèle de colis TN 106. Ainsi, il estime que l'endommagement retenu dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 106 est enveloppe des endommagements constatés. **Les éléments présentés par le requérant pour justifier la suffisance de l'hypothèse retenue permettent de répondre de manière acceptable à la demande de l'ASN.**

S'agissant du maintien du capot de tête sur le corps de l'emballage TN 106 à l'issue des chutes représentatives des CNT et CAT en considérant un endommagement du bois enveloppe, à la suite de plusieurs demandes de l'ASN, le requérant a mis à jour la démonstration de la tenue mécanique en CAT à la température maximale atteinte en CNT pour une chute oblique. Il considère également dans cette étude une variation de la précharge dans les vis et de la génératrice d'impact. Le requérant conclut que ces différents paramètres n'ont pas d'impact significatif sur l'écrasement des capots et sur le comportement du système de fermeture de l'emballage TN 106 à l'issue de l'épreuve en chute oblique précédée d'une chute sur poinçon. En toute rigueur, l'IRSN souligne que la valeur maximale du décollement du plan de joint pourrait être supérieure à celle déterminée en tenant compte des incertitudes liées à la qualification du code de calcul utilisé. **Il appartient au requérant d'évaluer cette incertitude conformément aux préconisations du guide n° 28 de l'ASN.** En tout état de cause, le requérant a vérifié qu'un décollement environ deux fois plus important que celui obtenu ne mettrait pas en cause les conclusions de l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN 106. **Aussi, l'IRSN estime que l'étude de sensibilité présentée par le requérant répond de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN de justifier les différences de décollement résiduel du plan de joint la tape de tête obtenues entre la séquence de chute libre en position inclinée précédée d'une chute sur poinçon et la séquence d'une unique chute libre, le requérant conclut sur la base de son étude que ces décollements restent du même ordre de grandeur pour les différents cas de calculs. Ainsi, il estime que le caractère dégradé ou non du capot a peu d'influence sur le décollement du plan de joint de la tape de tête. **Sur la base des éléments présentés par le requérant, l'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.**

S'agissant de la configuration de chute en position quasi-horizontale, le requérant justifie, à la suite d'une demande de l'ASN, que les caractéristiques mécaniques des composants de l'emballage à très basse température et la longueur hors-tout de l'emballage n'ont pas d'impact sur l'accélération maximale du colis TN 106. Il s'appuie pour cela sur l'étude du comportement du modèle de colis en chute latérale et souligne que les hypothèses prises en compte pour cette étude ont pour but de maximiser les phénomènes de plastification des composants de l'enceinte de confinement et de maximiser les accélérations. **Pour l'IRSN, ces éléments permettent de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

Par ailleurs, en réponse à des demandes de l'ASN, le requérant a révisé son étude de la tenue mécanique du modèle de colis TN 106 au phénomène d'impact différé sur le système de fermeture (couvercle et tape de tête). **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

Enfin, concernant l'influence du châssis de transport sur le comportement mécanique du colis, qui pour rappel ne fait pas partie intégrante du colis, le requérant conclut dans son étude que, en cas de chute, seule la structure de dépose reste solidaire du colis. **La masse de cette structure étant inférieure à 10 % de la masse totale du modèle de colis, l'IRSN estime que ceci est acceptable.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a mis à jour les études du comportement thermique du modèle de colis TN 106 en réponse à des demandes de l'ASN.

3.1. CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Les modifications apportées par le requérant à l'étude du comportement thermique du modèle de colis en CNT portent sur la prise en compte des jeux axiaux maximaux entre le capot et le corps de l'emballage, sur la mise à jour des caractéristiques thermiques du contreplaqué équipant les capots, sur le caractère pénalisant de la répartition de la puissance thermique retenue dans les études, ainsi que sur la prise en compte d'un ensoleillement appliqué sur la surface externe du colis.

Les résultats montrent que les différents composants de l'emballage restent inférieurs aux critères définis pour les différents composants du modèle de colis TN 106, avec des marges significatives. **La mise à jour de cette étude n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN et permet de répondre de façon satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

3.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

S'agissant des caractéristiques thermiques du bois, le requérant a mis à jour son étude afin de tenir compte dorénavant de l'état, de la température et du sens des fibres du balsa. Concernant le facteur non pénalisant pris en compte pour la détermination de la conductivité dans le sens des fibres, il indique d'une part que les zones de bois, dont la conductivité pourrait être sous-estimée, sont des zones dont les endommagements considérés sont pénalisants, d'autre part que cela permet de compenser d'éventuelles variations de la conductivité. **L'IRSN estime que ceci est acceptable.** En réponse à une demande de l'ASN sur les caractéristiques du contreplaqué, le requérant s'appuie dorénavant sur des données à température ambiante issues de la réglementation thermique des bâtiments de 2020. **L'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.**

Au regard des hypothèses de modélisation retenues pour le bois et des marges de sûreté dégagées pour les températures maximales atteintes par rapport au critère de température, même si le requérant n'a pas évalué l'incertitude sur les températures maximales liée à l'utilisation du code de calcul, **l'IRSN estime que le requérant répond de manière satisfaisante aux autres demandes de l'ASN portant sur les CAT du modèle de colis TN 106.**

Enfin, s'agissant du phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve d'incendie, dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a réalisé une étude de l'influence de cette combustion en retenant une élévation forfaitaire de 50 °C liée à ce phénomène (valeur usuellement retenue). Il conclut que la tenue des joints n'est pas mise en cause, hormis potentiellement pour les joints de la tôle de barillet et du couvercle de tête, qui présentent de faibles marges. Pour justifier l'acceptabilité de ces marges, il s'appuie sur un essai de post-combustion du bois d'un capot du même type que les capots du modèle de colis TN 106, qui montre que cette combustion est un phénomène lent (apparition plusieurs heures après la fin de l'incendie) et que la diminution de la température des joints est rapide après l'incendie. Toutefois, tel que préconisé par le guide n° 28 de l'ASN, l'IRSN estime que le requérant devrait s'assurer que la prise en compte de l'incertitude sur les températures maximales liée à l'utilisation du code de calcul n'est pas de nature à mettre en cause les marges mises en avant en particulier pour le joint du couvercle de tête comportant la plus faible marge.

Compte tenu d'une part de la forte décroissance de la température du joint de la tôle de barillet et du joint de couvercle de tête à l'issue de l'épreuve d'incendie, d'autre part du délai d'apparition du phénomène de post-combustion des bois des capots, **l'IRSN estime que les éléments apportés par le requérant permettent de justifier qu'une éventuelle poursuite de combustion du bois des capots n'est pas de nature à mettre en cause la sûreté du modèle de colis TN 106.**

4. CONFINEMENT

4.1. RELACHEMENT D'ACTIVITE

Le requérant a mis à jour l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN 106 afin de prendre en compte l'ajout du nouveau sous-contenu, la suppression des contenus pouvant contenir de l'eau, ainsi que les températures issues de l'étude thermique révisée. Il conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité en CNT et CAT sont respectés. **Ces résultats n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Conformément à une demande de l'ASN portant sur un des contenus du modèle de colis TN 106, le requérant présente les hypothèses retenues pour déterminer l'inventaire et l'activité des radioéléments de ce contenu. **L'IRSN estime donc que la demande de l'ASN peut être soldée.**

En réponse à une demande de l'ASN portant sur la validité des codes de calcul pour déterminer l'inventaire et l'activité des radioéléments, le requérant indique qu'il ne dispose pas d'éléments de qualification pour des contenus irradiés dans un réacteur à eau lourde ou un réacteur expérimental. Néanmoins, il considère que les marges, prises en compte sur les activités et obtenues sur les résultats par rapport au critère, permettent de couvrir les incertitudes liées au calcul utilisé. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

4.2. DIMENSIONNEMENT DES JOINTS

Le requérant a révisé l'étude du taux de remplissage des gorges destinées à accueillir les joints du modèle de colis TN 106 pour tenir compte du coefficient de dilatation volumique des joints, de la dilation des gorges de joints et de l'ajout du calcul du taux de remplissage des joints externes. Il conclut que le risque d'extrusion des joints est écarté dans toutes les conditions de transport. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a également mis à jour l'évaluation du taux de compression minimal des joints du modèle de colis TN 106 en tenant compte d'une valeur de déformation rémanente à la compression. Les résultats obtenus garantissent l'étanchéité des différentes tapes et couvercles du modèle de colis TN 106. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante la demande de l'ASN.**

5. RADIOPROTECTION

Le requérant a mis à jour, avec la même méthode de calcul des débits d'équivalent de dose (DED), l'étude de l'évaluation de l'efficacité de la protection radiologique du modèle de colis TN 106 afin de tenir compte de l'ajout du nouveau sous-contenu et de plusieurs demandes de l'ASN. Dans ce cadre, il n'a pas modifié la modélisation simplifiée de l'emballage (en conservant sa géométrie conformément au plan de concept du modèle de colis) et estime que le phénomène de vieillissement de la résine est négligeable. À cet égard, l'IRSN relève que la puissance maximale autorisée dans le modèle de colis TN 106 était plus importante lors des premiers agréments et que les températures maximales atteintes par la résine pouvaient atteindre des températures élevées. Le modèle de colis TN 106 a donc pu être transporté pendant plusieurs années avec une résine dont la température a pu avoir un impact sur son vieillissement. En l'état, le phénomène de vieillissement de la résine équipant le modèle de colis TN 106 ne peut donc être écarté. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait retenir dans l'étude de radioprotection une épaisseur de résine réduite pour tenir compte de ce vieillissement.**

S'agissant des vecteurs isotopiques retenus pour les calculs de DED au contact et au voisinage du colis, bien que demandé par l'ASN, le requérant n'a pas justifié leur caractère pénalisant. Pour rappel, une variation de ce vecteur isotopique peut exercer une influence sur les sources neutroniques et les DED. **En l'état, l'IRSN estime que la demande de l'ASN ne peut être soldée.**

En réponse à une demande de l'ASN sur le retour d'expérience de l'utilisation de l'inéquation établie pour s'assurer du respect des critères réglementaires, le requérant présente les valeurs de DED estimées par l'inéquation au contact du colis pour deux transports. Ces valeurs sont très largement supérieures à celles

mesurées avant transport. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN et permet de répondre de manière formelle à la demande de l'ASN. Il appartient au requérant de poursuivre la vérification du conservatisme de cette inéquation pour les futurs transports.**

Par ailleurs, en réponse à une demande de l'ASN, le requérant a complété le dossier de sûreté du modèle de colis TN 106 par une évaluation des coefficients de multiplication effectif des neutrons correspondant à une configuration sans eau dans la cavité de l'emballage. Au vu des résultats, **l'IRSN estime que les éléments présentés permettent de justifier le caractère pénalisant du coefficient retenu dans l'étude de l'évaluation des DED et répondent de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Enfin, sur la base des résultats obtenus, le requérant considère que le modèle de colis TN 106 respecte les critères de DED dans toutes les conditions de transports, **ce que l'IRSN convient.** En outre, le requérant considère que les marges dégagées permettent de couvrir les incertitudes liées au manque de qualification des codes de calcul utilisés pour les réacteurs à eau lourde et les réacteurs expérimentaux. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

6. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

Le requérant a révisé le chapitre lié à la prévention des risques de criticité du modèle de colis TN 106 afin de prendre en compte la suppression des aménagements internes, l'ajout du nouveau sous-contenu, dont la masse maximale en uranium fissile enrichi ne dépasse pas la masse maximale admissible, et la possibilité d'irradiation en réacteur à eau lourde d'un des contenus. **Ces évolutions n'appellent pas de remarque particulière de la part de l'IRSN.**

7. FABRICATION ET UTILISATION

Conformément à une demande de l'ASN, le requérant spécifie dorénavant dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 106 l'interdiction de la préparation par attaque acide de la surface de certaines vis avant traitement, sauf si la surface décapée est neutralisée et qu'un dégazage débute au maximum trois heures après la fin du traitement de surface. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, le requérant a mis à jour le chapitre d'utilisation du modèle de colis TN 106, notamment afin de supprimer les dispositions relatives aux chargements pouvant contenir de l'eau. En outre, conformément à une demande de l'ASN sur les élingues de manutention, le chapitre utilisation spécifie dorénavant l'angle, à ne pas dépasser, formé par celles-ci pour le levage de l'emballage TN 106. **L'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.**

8. RETOUR D'EXPERIENCE

Le requérant présente dans le dossier de sûreté d'une part le retour d'expérience acquis lors des opérations de maintenance et d'exploitation réalisés sur les deux exemplaires d'emballage TN 106 en service, en identifiant quelques défauts (rayures, arrachement de matières sur les tourillons, chocs sur le corps et les capots...), d'autre part la consommation des pièces de rechange en maintenance. Par ailleurs, il analyse les écarts liés à l'utilisation de l'emballage et précise les mesures correctives et préventives mises en place pour éviter leurs renouvellements. **Les éléments présentés par le requérant n'appellent pas de remarque particulière de la part de l'IRSN et permettent de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN portant sur le retour d'expérience.**

9. TRANSPORT EN MILIEU CONFINÉ

Pour rappel, le requérant sollicite le transport du modèle de colis TN 106 en milieu confiné, sous caisson ISO 20 pieds à toit bâché. Il utilise, à l'appui de cette demande, l'étude sur laquelle l'ASN s'était déjà basée pour autoriser le transport sous caisson à toit bâché. Il précise que les conclusions de cette étude ne sont pas mises en cause par la mise à jour du dossier de sûreté.

L'IRSN relève que la prise en compte de jeux maximaux entre les capots et le corps de l'emballage pourrait conduire à une augmentation des températures des différents éléments du colis. Compte tenu de la faible puissance thermique du colis, et au regard de la présence de marges par rapport aux différents critères, l'IRSN convient que cette éventuelle augmentation n'est pas de nature à mettre en cause la sûreté du transport du modèle de colis TN 106 sous caisson à toit bâché. En tout état de cause, **il appartient au requérant de tenir compte de cette hypothèse lors de la prochaine révision de l'étude thermique relative au transport en milieu confiné.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte tenu des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 106, tel que défini dans les projets de certificat d'agrément, est conforme aux prescriptions de l'édition 2012 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicable aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles.

L'IRSN estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante à l'ensemble des demandes de l'ASN, à l'exception de celle concernant le caractère pénalisant des vecteurs isotopiques retenus dans l'étude de radioprotection.

Par ailleurs, l'IRSN considère acceptable, du point de vue de la sûreté, le transport en milieu confiné de l'emballage TN 106 chargé d'assemblages combustibles, dans les conditions définies dans la demande d'autorisation de transport adossée à la demande de renouvellement d'agrément.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté