

Fontenay-aux-Roses, le 26 octobre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00160

Objet : **Transport - Renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 17 MAX (version standard et version TN JA)**

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2023-041556 du 17 juillet 2023.
[2] Règlement de transport de l'AIEA n° SSR-6 - Édition de 2018.

Par la 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) sur la conformité à la réglementation citée en seconde référence du modèle de colis TN 17 MAX pour les versions dites standard et TN JA, telles que décrites 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 ».

La version standard du modèle de colis TN 17 MAX est actuellement utilisée pour le transport d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO₂) ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX), irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée d'Électricité de France (EDF) et à destination de l'usine de retraitement d'Orano Recyclage de la Hague. Elle est également utilisée pour des transports de combustibles usés depuis les Pays-Bas vers La Hague. La version TN JA est quant à elle utilisée pour le transport d'assemblages combustibles irradiés dans les réacteurs à eau bouillante en provenance du Japon. Les transports sont effectués par voies routière, fluviale, maritime et ferroviaire. Ces deux versions du modèle de colis font actuellement l'objet de certificats d'agrément de type B(M) pour matières fissiles dont la validité est arrivée à échéance le 2 octobre 2023.

Dans le cadre de sa demande, le requérant présente une demande de renouvellement d'agrément pour les deux versions du modèle de colis TN 17 MAX sous la forme d'un agrément unique. En outre, il a ajouté une configuration équipée de capots longs à la version TN JA et a mis à jour les démonstrations de sûreté en cohérence. Par ailleurs, à la suite de la détection en 2023 d'un écart de conformité, il a mis à jour les démonstrations de sûreté afin d'intégrer les actions correctives, notamment d'adaptation du capot de tête de la version standard.

Conformément à la saisine de l'ASN, l'IRSN a examiné les différentes modifications du dossier de sûreté, l'analyse des mécanismes de vieillissement (selon les exigences du règlement cité en seconde référence) et les éléments apportés par le requérant en réponse à des demandes de l'ASN formulées à l'issue des précédentes instructions. Enfin, l'IRSN a examiné l'impact de l'essai thermique réalisé sur le premier colis standard fabriqué et celui du transport sous bâches et canopies sur les démonstrations de sûreté.

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

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

Le modèle de colis TN 17 MAX, de forme générale cylindrique, est composé d'un corps, en acier au carbone, constitué d'une virole épaisse et d'un fond soudé. La surface externe de la virole est recouverte en partie radiale d'une protection radiologique (résine) traversée par des conducteurs thermiques. La cavité de l'emballage est fermée par deux systèmes indépendants : un bouchon équipé de joints d'étanchéité en élastomère maintenu par une bride de serrage et un couvercle secondaire également muni de joints. Le bouchon, le couvercle secondaire et le corps de l'emballage sont équipés d'orifices permettant d'accéder à la cavité (lors des opérations de vidange, de contrôle...). Ces orifices sont fermés par des composants équipés de joints d'étanchéité en élastomère. En outre, le corps est équipé, à chacune de ses extrémités, d'un capot amortisseur de chocs rempli de blocs de mousse de carbone. Enfin, la surface intérieure du bouchon est équipée d'un amortisseur interne qui vise à limiter les sollicitations du système de fermeture de ce bouchon en cas d'impact différé du chargement en conditions accidentelles. En réponse à une demande de l'ASN relative à la représentativité de la loi de comportement retenue dans le dossier de qualification de l'amortisseur interne, le requérant a justifié que les vitesses d'impact caractéristiques des cas de chute du TN 17 MAX étaient couvertes par le dossier de qualification de l'amortisseur interne. **Ceci permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

La version TN JA diffère de la version standard par l'absence d'ailettes de refroidissement soudées aux conducteurs thermiques, du fait de la faible puissance thermique autorisée dans cette version. Dans le cadre de la présente demande, le requérant introduit une configuration dans laquelle la version TN JA est équipée de capots amortisseurs sensiblement allongés. Cet allongement vise à pouvoir utiliser une mousse de carbone présentant des caractéristiques mécaniques plus faibles que celles prescrites dans le dossier de sûreté précédent. L'incidence de cette modification sur la démonstration de sûreté est examinée aux chapitres suivants.

Par ailleurs, à la suite de la détection d'un écart de conformité relatif à la réalisation de soudures des couronnes de caissonnage contenant la protection radiologique sur la virole de l'emballage, le requérant a modifié la spécification de la soudure pour la rendre conforme avec sa réalisation et a apporté un traitement correctif pour la version standard du modèle de colis en ajoutant des cales soudées sur la virole d'emboîtement du capot de tête et en modifiant des caractéristiques géométriques et des caractéristiques des matériaux de certains composants du capot de tête. L'incidence de cette modification sur la démonstration de sûreté est également examinée aux chapitres suivants.

La cavité de l'emballage, mise en dépression et inertée avant expédition, accueille un panier, développé spécifiquement pour chacune des versions de l'emballage, dont la structure délimite des logements dans lesquels sont introduits les assemblages combustibles. Dans le cadre de la présente demande, le requérant n'introduit aucune modification des contenus ou des aménagements internes.

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Le requérant a révisé l'étude de la tenue mécanique du modèle de colis en conditions de transport de routine (CTR) pour tenir compte de la version TN JA équipée de capots longs. **Ceci est satisfaisant.**

En outre, en réponse à la demande de l'ASN de justifier l'absence d'impact sur la tenue des tourillons en CTR d'évolutions de plan portant sur la position de la portée et l'angle d'appui du tourillon, le requérant a justifié que la position définitive de la portée du tourillon sur le support du châssis ne modifiait pas les résultats du calcul. En outre, il a justifié que les jeux admissibles entre les tourillons et les châssis pour respecter la valeur d'angle d'appui retenue dans le calcul sont supérieurs aux jeux mesurés sur les premiers exemplaires fabriqués. **Ces éléments permettent de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Le requérant a révisé l'étude de la tenue mécanique du modèle de colis en conditions accidentelles de transport (CAT) afin de tenir compte de la version TN JA équipée de capots longs, d'intégrer les modifications apportées à la version standard du TN 17 MAX et en réponse à des demandes de l'ASN.

Pour la version TN JA équipée de capots longs, le requérant justifie que les analyses de sûreté de la version standard et de la version TN JA équipée de capots courts sont enveloppes pour la plupart des cas de chute. Pour les autres cas, le requérant a réalisé de nouveaux calculs. Ainsi, pour la chute oblique, les résultats montrent que le décollement du plan de joint du couvercle est supérieur à celui obtenu pour la version TN JA équipée de capots courts mais reste inférieur au décollement retenu dans les analyses liées au confinement. Pour la chute quasi-horizontale, le recouvrement minimal résiduel de la virole de tête par le capot est réduit par rapport à la version TN JA équipée de capots courts mais reste positif. Même si le requérant ne tient pas compte des incertitudes associées aux calculs, **l'IRSN estime que ces résultats présentent des marges et sont donc acceptables**. En toute rigueur, **tel que préconisé par le Guide n° 28 de l'ASN relatif à la qualification des outils de calcul scientifique, il appartient au requérant d'évaluer les marges associées à la prise en compte des incertitudes liées à la qualification et à l'utilisation d'un outil de calcul scientifique**.

À la suite de l'écart de conformité des soudures des couronnes de caissonnage sur la virole du modèle de colis TN 17 MAX, le requérant a notamment modifié les caractéristiques des matériaux et révisé l'étude du comportement du capot de tête en cas de chute latérale en tenant compte de la présence de cales. Il conclut que la tenue du capot de la version standard reste assurée en cas de chute latérale. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN**.

En réponse à une demande de l'ASN de justifier la fréquence de filtrage utilisée pour la démonstration de tenue des aménagements internes de la version standard du modèle de colis, le requérant a mené une analyse modale du panier. Il conclut à une influence mineure de la fréquence sur les sollicitations appliquées au panier. Au regard d'hypothèses pénalisantes retenues par ailleurs dans les études de radioprotection et de criticité, l'IRSN convient qu'une fréquence de filtrage supérieure à celle retenue par le requérant ne devrait pas mettre en cause le niveau de sûreté du colis. Aussi, **l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière acceptable à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN**.

Enfin, en réponse à une demande de l'ASN d'évaluer le risque de rupture fragile de la bride de serrage du bouchon du modèle de colis avec une loi de comportement élastique, le requérant s'appuie sur les résultats de calcul de contrainte et de déformation pour justifier que la prise en compte d'une telle loi n'aurait pas d'impact. Compte tenu de la présence de marges sur le niveau de contrainte retenu dans les calculs, **l'IRSN estime que la justification apportée par le requérant répond de manière acceptable à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN**.

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Dans le cadre de la présente demande, le requérant a modifié certaines caractéristiques des composants de l'emballage. Il montre que ces modifications n'ont pas d'incidence significative à l'égard du comportement thermique de l'emballage et que la démonstration du comportement thermique de la version TN JA équipée de capots longs est couverte par celle apportée pour la version TN JA équipée des capots courts. **Ceci est satisfaisant**.

De plus, le requérant a mis à jour l'étude thermique du modèle de colis TN 17 MAX afin de prendre en compte les résultats de l'essai thermique réalisé sur le premier exemplaire de colis fabriqué avant sa mise en service. L'essai ayant montré une sous-évaluation des températures initialement obtenues par calculs numériques en CNT, notamment au niveau de l'aménagement interne de l'emballage, le requérant a mis en œuvre une démarche de correction afin de recalculer ces calculs. Afin de réévaluer les températures atteintes par les

composants de l'emballage, il a pris en compte cette correction et révisé la méthode de détermination de la température des gaz à l'intérieur de la cavité en adoptant une modélisation plus fine des zones à l'intérieur de celle-ci. **L'IRSN estime que cette démarche de correction du modèle est acceptable dans le principe. Il appartient néanmoins au requérant de s'assurer, au regard des préconisations du Guide n°28 de l'ASN, du conservatisme de la démarche qu'il retient en particulier pour l'évaluation des températures des composants sensibles du modèle de colis TN 17 MAX en CAT.**

En réponse à une demande de l'ASN d'examiner l'impact du cumul d'endommagements, notamment du panier et de la protection neutronique du modèle de colis TN 17 MAX, à l'issue des épreuves de chutes réglementaires, sur les températures maximales atteintes en CAT, le requérant conclut que les températures maximales des composants réévaluées restent inférieures aux limites d'utilisation des matériaux correspondants. L'IRSN relève que la prise en compte des aménagements internes de l'emballage en CAT conduit à une diminution de la marge en température au niveau des gaines de combustibles. Ceci reste néanmoins acceptable du fait entre autres que l'hypothèse d'un endommagement des gaines est en pratique considérée dans les démonstrations de sûreté relatives à la criticité, au relâchement d'activité en CAT et à la radioprotection. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN portant sur les propriétés thermiques des principaux composants du modèle de colis dans l'évaluation des températures maximales atteintes en CAT, le requérant justifie leur incidence négligeable sur la plage de température concernée. **Les éléments apportés répondent de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Enfin, selon la réglementation citée en seconde référence concernant la température des surfaces accessibles du colis en l'absence d'ensoleillement, les transports du modèle de colis TN 17 MAX devront être réalisés selon les modalités des transports dites sous « utilisation exclusive ». **L'IRSN propose de spécifier ce point dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis.**

4. CONFINEMENT

À la suite de l'essai thermique de fin de fabrication de la version standard de l'emballage, le requérant a mis à jour les températures atteintes dans les composants et la température atteinte au sein des gaz à l'intérieur de la cavité de l'emballage dans les analyses de sûreté liées au confinement. En outre, il a modifié les caractéristiques de certains joints ou des dimensions de leurs gorges et réévalué leur comportement en température. Pour évaluer le taux de compression des joints, il considère une valeur de déformation rémanente (DRC) du joint, après compression et étirement dans sa gorge, légèrement réévaluée à la hausse pour tenir compte de l'élévation des températures atteintes dans les joints. Il conclut que le taux de remplissage des joints de confinement garantit l'absence d'extrusion et que le taux de compression minimal des joints reste suffisant pour garantir l'étanchéité du modèle de colis. L'IRSN relève que le requérant n'a pas justifié la valeur de DRC fournie par le fabricant. Pour rappel, celle-ci est évaluée dans des conditions normées et pas nécessairement représentatives des conditions de transport. À cet égard, des travaux de recherche ont mis en évidence que la valeur de DRC dépend de la température à laquelle est vieilli le joint et qu'elle est d'autant plus élevée que la durée du vieillissement est longue. **Aussi, il appartient au requérant de justifier la représentativité de la DRC qu'il retient pour les conditions d'utilisation des joints (température, temps d'utilisation et cycles de maintenance). Par ailleurs, compte tenu des marges réduites obtenues à l'égard des taux de remplissage des joints en CAT, il lui appartient également de s'assurer du conservatisme des températures des joints retenues pour évaluer le risque d'extrusion de ces derniers.**

En complément, le requérant a réévalué le relâchement d'activité de l'emballage TN 17 MAX afin de tenir compte de l'évolution des températures atteintes au niveau des joints et à l'intérieur de la cavité. Il conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité en CNT et CAT sont respectés. **Cette mise à jour n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

5. RADIOPROTECTION

Afin de justifier le respect des critères réglementaires de radioprotection dans toutes les conditions de transport, le requérant présente une démonstration fondée sur les « inéquations », méthode consistant à définir un contenu maximal admissible au regard des exigences réglementaires de débits d'équivalent de dose (DED) au contact et au voisinage du colis. À cet égard, il souligne que les résultats de mesures de DED, réalisées lors des trois premiers transports, mettent en évidence une sur-estimation significative de la méthode par rapport aux mesures. L'IRSN estime que ce premier retour d'expérience favorable tend à confirmer le conservatisme de la méthode. Aussi, **il appartient au requérant de poursuivre ce retour d'expérience afin de couvrir une plage étendue de caractéristiques des combustibles irradiés transportés et ainsi consolider la pertinence de la méthode et des paramètres retenus.**

6. RADIOLYSE

En réponse à une demande de l'ASN portant sur l'efficacité de séchage du contenu de l'emballage TN JA, le requérant s'appuie sur les résultats d'un essai réalisé sur une maquette représentative du TN JA pour justifier l'efficacité des opérations prévues dans le dossier de sûreté. **Ceci permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN sur le risque de radiolyse lié à la présence d'eau résiduelle dans les crayons ne contenant pas de matière fissile, le requérant s'appuie sur les résultats d'un essai réalisé sur une maquette du modèle de colis TN 24 BH qu'il estime représentatif à l'égard des zones de rétention d'eau des crayons contenus dans la version TN JA du modèle de colis. L'IRSN relève que le requérant n'a pas justifié la représentativité de l'essai de séchage réalisé sur le modèle TN 24 BH par rapport au TN JA. Toutefois, compte tenu des marges à l'égard, d'une part de la quantité d'eau évacuable par séchage, d'autre part des conditions d'obtention d'un mélange inflammable, **l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière acceptable à la demande de l'ASN.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Le requérant a mis à jour certaines caractéristiques et dimensions de différents éléments de l'emballage dans la description du modèle de colis, à la suite du retour d'expérience sur la fabrication de l'emballage et, de manière plus significative, à la suite de l'écart de conformité détecté. **Ces mises à jour n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, le modèle de colis TN 17 MAX partage avec le TN 112 et le TN G3 une conception similaire de l'enveloppe externe de l'emballage sur lequel un problème de porosité a été détecté à la jonction entre les conducteurs (ailettes en cuivre) et l'enveloppe externe. Dans le cadre de la stratégie du suivi à l'égard de ces défauts, le requérant a mis en place un renforcement des contrôles sur le modèle de colis TN 17 MAX et a mis à jour le programme de maintenance en conséquence. **L'IRSN estime que le requérant a pris les mesures appropriées pour pouvoir détecter précocement l'apparition d'un défaut sur le modèle de colis TN 17 MAX.**

8. VIEILLISSEMENT

Dans la cadre de la présente demande, le requérant demande un agrément du modèle de colis TN 17 MAX selon le règlement de l'AIEA cité en seconde référence qui comprend dorénavant des exigences réglementaires relatives à la prise en compte des phénomènes de vieillissement à la conception du modèle de colis, et lors des transports à l'issue des phases d'entreposage.

Le dossier de sûreté comporte ainsi un chapitre relatif aux effets du vieillissement sur les performances du modèle de colis TN 17 MAX. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de**

répondre globalement à l'objectif du nouveau paragraphe 613A du règlement en seconde référence. Cependant, le requérant ne présente aucune disposition permettant de suivre le vieillissement mécanique de la mousse de carbone des capots amortisseurs. Pour rappel, il s'est engagé à réaliser un suivi particulier d'un exemplaire du TN G3, dit de référence, pour confirmer l'absence d'évolution significative dans le temps des blocs de mousse équipant les capots. L'IRSN convient du caractère représentatif des sollicitations subies par le capot de référence du TN G3 à l'égard des sollicitations auxquelles le modèle de colis TN 17 MAX sera exposé. Néanmoins, **il appartient au requérant, d'une part de tracer dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 17 MAX qu'un suivi de la mousse de carbone est réalisé sur le capot de référence du TN G3, d'autre part de se réinterroger le cas échéant, sur les modalités de suivi de ce phénomène de vieillissement en cas de modification notable des conditions réelles d'utilisation des deux modèles de colis.**

9. TRANSPORT SOUS BÂCHES ET CANOPÉES

À la suite de la réalisation d'un essai thermique réalisé sous bâche du premier exemplaire de colis TN 17 MAX, le requérant a révisé la démonstration de sûreté associée à la précédente demande de transport sous milieu confiné. En particulier, il a réévalué les températures atteintes au sein des composants internes de l'emballage dans le moyen de transport qui engendre les températures les plus élevées. Selon le requérant, ces températures restent inférieures à celles définies dans le dossier de sûreté. Ceci lui permet de conclure que le transport confiné du modèle de colis, selon les conditions (limites de puissance thermique du contenu et moyens de transport utilisables) précisées dans sa demande, ne réduit pas son niveau de sûreté. **Cette mise à jour n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et compte tenu des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les versions du modèle de colis TN 17 MAX, telles que définies dans le projet de certificat d'agrément transmis, en tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, sont conformes 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.

En outre, l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante aux demandes formulées par l'ASN à l'issue des précédentes instructions.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile Jouve

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté