

Fontenay-aux-Roses, le 13 juillet 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00148

Objet : Transport - Renouvellement et extension d'agrément du modèle de colis TN 24 SH

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2021-049257 du 25 octobre 2021.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2012.
[3] Guide de l'AIEA - SSG-26 - Édition de 2018.

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) sur la conformité à la réglementation citée en deuxième référence du modèle de colis TN 24 SH, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande de renouvellement et d'extension d'agrément présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (NPS), dénommée ci-après « le requérant ».

Le modèle de colis TN 24 SH est actuellement agréé jusqu'au 31 novembre 2022, en tant que colis de type B(U) pour matières fissiles, afin d'assurer le transport sur la voie publique (par voies routière, ferroviaire et fluviale) et l'entreposage à sec d'assemblages combustibles irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée (REP) sur le site de la centrale de Doel en Belgique.

La présente demande de renouvellement d'agrément concerne le transport des contenus n^{os} 1 à 4 chargés d'assemblages combustibles et du contenu n^o 5 constitué d'assemblages combustibles et d'un carquois chargé de crayons (ou parties de crayons) endommagés encapsulés. Pour répondre aux besoins de son client belge, le requérant souhaite inclure, à la demande de renouvellement d'agrément, une extension du contenu n^o 6 portant sur la modification du plan de chargement des assemblages dans le panier et une extension des contenus n^{os} 1 à 4 introduisant la possibilité de réaliser des chargements incomplets.

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

1. PRÉSENTATION DU MODÈLE DE COLIS

Description de l'emballage

L'emballage TN 24 SH, de forme générale cylindrique, est constitué d'un corps forgé en acier au carbone, d'une protection neutronique en résine borée et d'une virole externe en acier inoxydable. Le système de fermeture de

l'emballage comporte deux couvercles, primaire et secondaire, respectivement équipés de joints métalliques et en élastomère, et fixés au corps à l'aide de vis. Ces couvercles sont munis chacun d'un orifice obturé par une tôle.

L'emballage est équipé de deux couronnes en aluminium qui ceinturent le corps, ainsi que de deux capots amortisseurs, constitués de blocs de bois recouverts de tôles en acier inoxydable. L'emballage est pourvu de deux paires de tourillons fixés par des vis et utilisés pour les opérations d'arrimage et de manutention.

Description des contenus

Le modèle de colis TN 24 SH est conçu pour transporter, dans un panier, des assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium irradiés dans des réacteurs de type REP. Les contenus n^{os} 1 à 4 sont constitués d'assemblages combustibles irradiés qui se distinguent par leur enrichissement initial en uranium 235, par leur puissance thermique et par le type de panier dans lequel ils sont chargés. Le contenu n° 5 est formé d'assemblages combustibles étanches et d'un carquois pouvant accueillir des capsules, en acier inoxydable, contenant chacune un crayon combustible endommagé ou un tronçon de crayon ayant fait l'objet d'un séchage individuel.

En réponse à une demande de l'ASN de spécifier les propriétés mécaniques des matériaux constituant la capsule, le requérant a intégré au dossier de sûreté certaines caractéristiques mécaniques de la capsule. Afin de compléter cette caractérisation, l'IRSN estime que le requérant devrait également présenter, dans le chapitre relatif à la définition du contenu, le module de Young du matériau constitutif de la capsule, qui est une donnée d'entrée nécessaire à la démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis TN 24 SH au flambement. **En l'état, l'IRSN estime que la demande de l'ASN nécessite des compléments.**

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

Conditions de transport de routine (CTR)

Le requérant a modifié l'étude du comportement mécanique des tourillons en CTR pour prendre en compte le levage à l'arraché du modèle de colis TN 24 SH avec des accélérations conformes à celles préconisées par le guide de l'AIEA cité en troisième référence. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.** Toutefois, le requérant ne détaille pas, dans les instructions d'utilisation, les caractéristiques des moyens d'arrimage et de levage du modèle de colis TN 24 SH, pourtant nécessaires afin de garantir le caractère conservatif des hypothèses d'étude. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

S'agissant de la démonstration de la tenue en fatigue des tourillons, le requérant prend dorénavant en compte une mise à jour du profil des cycles d'accélération rencontrés en CTR. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, le requérant justifie l'absence de décollement des vis de fixation des couvercles et de leurs tapes en CTR, en tenant compte du cumul des efforts induits par la pression interne, des accélérations représentatives des CTR, de la réaction des joints et de la dilatation thermique des matériaux. Il évalue que la précharge minimale des vis reste supérieure au cumul de ces efforts. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

Enfin, le requérant justifie que la précharge des vis des tourillons permet de résister aux efforts extérieurs liés aux effets de la dilatation et à l'effort de réaction des joints de propreté situés sous l'embase des tourillons. Toutefois, le requérant ne justifie pas la valeur retenue de l'effort linéique de réaction de ces joints de propreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe au présent avis.**

Conditions normales de transport (CNT)

Le requérant considère que les CNT sont couvertes par les conditions accidentelles de transport (CAT). Pour justifier l'absence de dispersion de la matière radioactive dans la cavité de l'emballage en CNT, le requérant s'appuie sur des essais réalisés par l'autorité de sûreté japonaise. Le requérant estime que les résultats de ces essais démontrent la tenue mécanique d'un crayon combustible irradié, pour un chargement mécanique représentatif des CNT. Pour l'IRSN, la représentativité des crayons éprouvés lors de ces essais par rapport aux crayons transportés dans

l'emballage TN 24 SH n'est pas suffisamment justifiée. Cependant, au regard de la vitesse de chute lors des essais qui est bien supérieure à celle requise en CNT, **l'IRSN estime que ceci ne devrait pas mettre en cause les conclusions du requérant.**

Conditions accidentelles de transport

Pour rappel, le requérant n'a pas défini, lors de la conception du modèle de colis TN 24 SH, d'exigence relative à l'impact différé. Les emballages TN 24 SH étant pour le moment uniquement chargés, transportés et entreposés sur le site de Doel et le nombre de transports annuels étant faible, **l'IRSN estime acceptable pour la présente demande de renouvellement de ne pas étudier l'impact différé.** En tout état de cause, il appartiendra au requérant de l'étudier dans l'éventualité d'un transport de ce modèle de colis sur la voie publique.

En réponse à une demande de l'ASN relative au comportement du bois des capots, le requérant a complété le dossier de sûreté pour mentionner la loi de comportement des bois utilisée dans l'analyse mécanique et préciser le volume du bois qui talonne à la suite d'une chute accidentelle. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre à la demande de l'ASN.** L'IRSN relève toutefois que la loi de comportement des bois utilisée dans le calcul numérique pour modéliser le balsa ne prend pas en compte certains phénomènes, en particulier dynamiques, pouvant conduire à la ruine du bois. Étant donné que le talonnement pourrait être dépassé dans une grande partie du bois du capot lors d'une chute oblique, la répartition des contraintes serait différente dans le capot et les efforts seraient ainsi transmis différemment au couvercle du modèle de colis TN 24 SH. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe au présent avis.**

Dans le cadre de l'évaluation du risque de rupture brutale du colis, en réponse à une demande de l'ASN concernant la qualification des liaisons soudées entre deux composants en acier constitutif de la virole de l'emballage, le requérant rappelle que ceci fait l'objet d'un sujet générique applicable aux nouveaux modèles de colis TN 24 DH+ et TN Eagle. Il précise que, pour la prochaine fabrication d'emballage TN 24 SH, le fournisseur en charge de l'emballage TN 24 DH+ a été choisi pour appliquer le procédé de soudage commun à ces deux emballages. **Dans l'attente de ces éléments, l'IRSN considère que la demande de l'ASN reste d'actualité.**

Par ailleurs, en CAT, le requérant n'étudie que le comportement mécanique de la capsule, sans examiner la tenue mécanique du carquois. Aussi, le requérant ne justifie pas dans le dossier de sûreté l'absence de déformation mécanique du carquois en CAT. L'IRSN souligne qu'une déformation du carquois serait de nature à mettre en cause l'intégrité mécanique des capsules et par conséquent la dispersion, dans la cavité du modèle de colis TN 24 SH, de la matière radioactive contenu dans la capsule. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 4 en annexe au présent avis.**

Enfin, le requérant étudie le comportement d'une capsule en flexion à l'aide d'un calcul analytique, dont le modèle est une poutre encastrée sur un bord et libre sur l'autre bord. L'IRSN rappelle que le moment de flexion, permettant de calculer la contrainte mécanique de flexion de la poutre, est complètement dépendant des conditions limites. Or, le requérant n'a ni précisé, ni justifié, ces conditions limites. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 5 en annexe au présent avis.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Conditions normales de transport

Le requérant ne présente pas, dans son dossier de sûreté du modèle de colis TN 24 SH, l'étude du comportement thermique en l'absence d'insolation réglementaire. Il considère que la réalisation des mesures de température sur les surfaces accessibles du colis avant l'expédition, spécifiées dans le chapitre relatif à l'utilisation, est suffisante pour satisfaire cette exigence. Pour une utilisation sur le site de Doel (transport interne et entreposage), en se référant aux exigences des installations traitant des transports internes, **l'IRSN estime que ceci reste recevable.** En tout état de cause, si le requérant envisageait de réaliser des transports sur la voie publique, il devrait compléter les mesures prévues avant l'expédition des colis par une évaluation de la température au contact du

modèle de colis TN 24 SH en l'absence d'insolation. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 6 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, le requérant a présenté une étude de l'influence du vieillissement sur les propriétés thermiques de la peinture des surfaces externes peintes de l'emballage. Sur la base des essais réalisés sur une durée de vieillissement allant jusqu'à douze mois, il conclut que le vieillissement de la peinture n'est pas de nature à mettre en cause les conclusions de l'analyse thermique du modèle de colis TN 24 SH. Pour l'IRSN, l'expérience réalisée sur une durée d'un an n'est pas représentative pour les colis TN 24 SH qui seraient entreposés plus d'un an et qui feraient par la suite l'objet d'un transport. Aussi, il conviendrait que le requérant vérifie, avant tout transport sur la voie publique, que les propriétés thermiques des surfaces externes peintes qu'il a retenues restent représentatives du vieillissement de la peinture sur la période d'entreposage des colis TN 24 SH.

Conditions accidentelles de transport

En réponse à une demande de l'ASN relative au respect du critère de tenue à la température des joints en élastomère du couvercle secondaire, le requérant a réalisé des calculs numériques pour prendre en compte la dispersion d'une partie de la matière radioactive dans la cavité de l'emballage. Les résultats montrent que la température des joints en élastomère du couvercle secondaire et de sa tape présente une faible marge par rapport au critère. Afin d'augmenter les marges de sûreté, le requérant prévoit, lors de la prochaine demande de renouvellement, de remplacer ces joints par une nouvelle nuance de joints en FKM dit « BT », présentant une meilleure tenue à haute température. **Dans l'attente d'une qualification des joints FKM BT, l'IRSN estime que le requérant ne répond pas de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

4. CONFINEMENT

La méthode utilisée par le requérant pour évaluer le relâchement d'activité n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément.

En réponse à une demande de l'ASN concernant l'influence, sur le relâchement d'activité, d'une augmentation de la pression interne en CAT associée à la présence d'eau dans la cavité, le requérant a évalué que cette augmentation est négligeable par rapport à la pression maximale dans la cavité du modèle de colis TN 24 SH en CAT. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière acceptable à la demande de l'ASN.**

Par ailleurs, le coefficient de dilatation volumique des joints en élastomère retenu par le requérant dans le dossier de sûreté ne sera plus conforme à la valeur demandée par l'ASN à compter du 1^{er} septembre 2022. L'IRSN relève que le requérant n'a pas mis à jour l'étude d'extrusion des joints en tenant compte des coefficients de dilatation les plus récents. Au regard des valeurs du taux de remplissage estimées par l'IRSN, le joint interne de la tape d'orifice présenté sur le plan de concept ne répond pas aux critères de l'ASN relatifs au taux de remplissage en CNT et CAT. En l'état, cette tape ne devrait plus être utilisée pour un transport sur la voie publique. Aussi, il appartiendra au requérant de présenter à l'autorité compétente une modification de cette tape avant le prochain transport sur la voie publique.

Enfin, en réponse à une demande de l'ASN concernant la justification de l'absence de risque de perte d'étanchéité du couvercle secondaire et de sa tape d'orifice liée à un défaut de compression des joints en élastomère, le requérant indique que cette nuance sera remplacée par la nuance FKM BT, actuellement en phase de qualification, lors de la prochaine demande de renouvellement d'agrément. **En l'état, la demande de l'ASN reste d'actualité.**

5. RADIOPROTECTION

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le dossier de sûreté inclut la méthode dite « des inéquations », dont l'expertise a fait l'objet de plusieurs expertises de la part de l'IRSN.

Conditions de transport de routine

Le requérant a révisé à la hausse le facteur de multiplication effectif des neutrons du contenu n° 4. Cette révision le conduit à proposer le cas du transport sous utilisation exclusive afin de pouvoir couvrir les besoins de chargement pour lesquels le critère réglementaire de 2 mSv/h au contact du colis serait dépassé. Il prévoit ainsi de modifier le dossier de sûreté pour intégrer la possibilité d'avoir recours à des transports sous utilisation exclusive avec un critère de DED au contact du modèle de colis de 5 mSv/h (ce qui reste inférieur au critère réglementaire de 10 mSv/h). **L'IRSN estime que ceci est acceptable.**

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a étudié les effets du vieillissement de la résine sur les performances radiologiques du modèle de colis TN 24 SH. Sur la base d'essais réalisés sur des échantillons, il montre que la concentration massique en hydrogène de la résine, vieillie pendant un an, est supérieure à ce qui est retenu dans l'étude de radioprotection. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Enfin, le requérant mentionne dans son dossier de sûreté que le critère réglementaire de DED à 2 m du véhicule en CTR est atteint pour un contenu « typique » et non enveloppe. Or, le requérant n'intègre pas dans les inéquations ce critère. Il prévoit uniquement de réaliser des évaluations au cas par cas avant chaque chargement. Pour l'IRSN, les éléments présentés ne sont pas suffisants au regard de la hausse du facteur de multiplication effectif qui conduit au transport sous utilisation exclusive d'un colis avec un DED au contact allant jusqu'à 5 mSv/h. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 7 en annexe au présent avis.**

Conditions normales de transport

En réponse à une demande de l'ASN relative à la justification de la non-augmentation de plus de 20 % du DED maximal des CTR à la suite des épreuves représentatives des CNT, le requérant a réalisé un calcul analytique considérant le contenu comme une source ponctuelle. Pour un écrasement de bois du capot amortisseur représentatif des CNT, il évalue une augmentation de DED inférieure au critère réglementaire de 20%. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

6. RISQUE DE RADIOLYSE

Le risque de radiolyse liée à la présence d'eau dans la cavité de l'emballage a été expertisé lors de la précédente demande de renouvellement d'agrément. En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a intégré l'étude du risque de radiolyse dans son dossier de sûreté en tenant compte de l'ensemble des matières radiolysables dans la cavité de l'emballage. Dans son étude, il ne prend pas en compte la quantité d'eau pénétrant dans le colis à l'issue de l'épreuve d'immersion. **L'IRSN convient toutefois que ceci ne met pas en cause l'analyse présentée par le requérant et estime que la réponse du requérant à la demande de l'ASN est satisfaisante.**

7. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Les études de criticité du dossier de sûreté du requérant n'ont pas évolué depuis la précédente demande de renouvellement, hormis pour le contenu n° 5. Pour ce contenu, en réponse à une demande de l'ASN concernant l'impact du glissement différentiel des crayons combustibles vers le fond du panier, le requérant a réalisé une nouvelle étude de criticité démontrant que le facteur de multiplication effectif maximal reste inchangé. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

8. CONTRÔLES EN FABRICATION

Les contrôles en fabrication présentés dans le dossier de sûreté n'ont pas été modifiés depuis la dernière demande d'agrément. Le requérant ne décrit pas la manière dont sont garanties les caractéristiques mécaniques

des blocs de bois avant montage, qui peuvent dépendre des conditions d'entreposage, des contrôles mis en place et du moment où ils sont réalisés (lors de la fabrication ou au moment du montage). L'IRSN rappelle que ces caractéristiques mécaniques sont utilisées dans les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 SH. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 8 en annexe au présent avis.**

9. UTILISATION ET MAINTENANCE

Le retour d'expérience sur le procédé d'encapsulation des crayons inétanches réalisés pour le modèle de colis TN 24 SH sur le site de Doel ne met pas en évidence de remontée significative de la pression. Toutefois, un certain nombre de paramètres étudiés lors de la qualification de la procédure de séchage mériteraient d'être consolidés. **À cet égard, il appartiendra au requérant de s'assurer de la suffisance de la procédure de séchage des crayons inétanches.**

L'édition 2018 de la réglementation AIEA a introduit les paragraphes 503 e), 613A, 809 f) et 809 k) relatifs au vieillissement et au transport après entreposage. La présente demande d'agrément s'appuie sur la conformité du modèle de colis à l'édition 2012 de la réglementation AIEA qui ne traite pas explicitement de ces deux problématiques. La durée d'entreposage pouvant s'étendre sur plusieurs décennies, il pourrait être pertinent que le dossier de sûreté soit complété par une étude du vieillissement des matériaux constituant le modèle de colis pendant la période d'entreposage.

10. SYSTÈME DE GESTION DE LA QUALITÉ

Lors des précédentes demandes, le requérant avait apporté de nombreuses justifications complémentaires portant sur des enjeux de sûreté, mais ne les a pas intégrées au dossier de sûreté transmis dans le cadre de la présente demande. De manière générale, l'IRSN rappelle l'importance de disposer d'un dossier de sûreté le plus complet possible au titre de l'amélioration continue. Le requérant devrait donc compléter le dossier de sûreté par les justifications qu'il a apportées, y compris celles présentées au cours de la présente expertise.

11. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN estime que le modèle de colis TN 24 SH, tel que défini dans le projet de certificat tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, est conforme aux prescriptions de l'édition 2012 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicable aux modèles de colis du type B(U) chargés de matières fissiles.

Par ailleurs, afin d'améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 SH, la société Orano NPS devrait tenir compte des observations formulées en annexe au présent avis.

Enfin, l'IRSN estime que la société Orano NPS a répondu de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN, à l'exception notamment de certaines demandes relatives au comportement des joints et au comportement thermique de l'emballage.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00148 DU 13 JUILLET 2022

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait définir des instructions opérationnelles permettant aux utilisateurs du modèle de colis TN 24 SH de s'assurer de la répartition des efforts sur un secteur angulaire de 180°.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier l'effort linéique de réaction du joint des tourillons du modèle de colis TN 24 SH sur la plage de température allant de -40 °C à la température maximale atteinte en conditions normales de transport.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier le caractère conservatif de la loi de comportement du bois utilisé dans les capots du modèle de colis TN 24 SH et du point de compaction maximale du bois retenu dans cette loi.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier la tenue mécanique du carquois, chargé en emballage TN 24 SH, en conditions accidentelles de transport.

Observation n° 5

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier le chargement mécanique et les conditions limites du modèle utilisé pour l'étude du comportement mécaniques des capsules chargées dans le modèle de colis TN 24 SH.

Observation n° 6

L'IRSN estime que le requérant devrait évaluer la température des parois externes accessibles pour le contenu maximal en l'absence d'insolation sous utilisation non exclusive du modèle de colis TN 24 SH.

Observation n° 7

L'IRSN estime que le requérant devrait réaliser une évaluation du débit d'équivalent de dose à 2 m des parois du véhicule dès lors que le système de transport et les éventuelles barrières seront définis pour des expéditions de colis TN 24 SH sur la voie publique.

Observation n° 8

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier la manière dont sont garanties les caractéristiques du bois équipant le modèle de colis TN 24 SH par rapport à leur définition.