

Fontenay-aux-Roses, le 3 août 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00128

Objet : Transport - Renouvellement d'agrément du modèle de colis TN 843

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-057330 du 9 décembre 2022.
[2] Règlement de transport de l'AIEA n° SSR-6- Édition de 2018.
[3] Norme NFE 25-030-1 d'août 2014 : « Fixation - Assemblages vissés à filetage métrique ISO – Partie 1 : Règles de conception pour les assemblages précontraints – Démarche simplifiée ».

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 au règlement cité en deuxième référence du modèle de colis TN 843, tel que décrit 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 ».

Le modèle de colis TN 843, actuellement agréé en tant que colis du type B(U) pour matières fissiles selon l'édition 2012 du règlement de transport de l'AIEA n° SSR-6, est utilisé pour le transport par voies terrestre et maritime de conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C) issus du traitement de combustibles irradiés. Le requérant demande un renouvellement de cet agrément selon l'édition 2018 du règlement de l'AIEA cité en deuxième référence. Il demande également l'autorisation d'ajouter un nouveau plan de chargement thermique pour une cavité remplie en air.

Conformément à la saisine de l'ASN, l'IRSN a examiné le retour d'expérience en fabrication, le nouveau plan de chargement, l'analyse des mécanismes de vieillissement du colis et les éléments apportés par le requérant en réponse à des demandes de l'ASN formulées à l'issue de la précédente instruction concernant ce modèle de colis.

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 MODELE DE COLIS

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant n'a pas modifié le concept d'emballage.

Pour rappel, le modèle de colis TN 843, de forme générale cylindrique, est composé d'un corps constitué d'une virole épaisse et d'un fond soudé en acier au carbone. La surface externe de la virole est recouverte de blocs de résine neutrophage disposés, en partie radiale, entre des goussets en acier vissés sur la virole. Cette résine est protégée du milieu ambiant par des tôles externes en acier soudées entre elles. La cavité de l'emballage est

fermée par un couvercle en acier au carbone équipé de joints d'étanchéité en élastomère. Le couvercle est muni d'un orifice permettant de connecter des équipements à la cavité, fermé par un composant équipé de joints d'étanchéité en élastomère. Enfin, le corps est équipé, à chacune de ses extrémités, d'un capot amortisseur de chocs rempli de blocs de bois.

La cavité de l'emballage, inertée et mise en dépression avant expédition, accueille un panier comportant des logements dans lesquels sont empilés des CSD-C. Les déchets qu'ils contiennent sont composés principalement de zircaloy, d'inconel et d'acier inoxydable issus de coques et d'embouts d'assemblages combustibles usés ainsi que de déchets technologiques.

L'agrément actuellement en vigueur autorise un plan de chargement hétérogène se caractérisant par 33 CSD-C périphériques de caractéristiques thermiques et radiologiques identiques et 3 CSD-C positionnés au centre du panier de caractéristiques thermiques et radiologiques supérieures à celles des CSD-C périphériques.

Dans le cadre de la présente demande, le requérant introduit un nouveau plan de chargement homogène des CSD-C se caractérisant par 36 CSD-C de caractéristiques thermiques et radiologiques identiques (égales à celles des CSD-C périphériques du chargement hétérogène) et positionnés indifféremment dans le panier. Dans ce cas, les CSD-C sont transportés dans une cavité remplie en air, avec une puissance totale inférieure au chargement hétérogène actuellement agréé.

2. COMPORTEMENT MECANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement, le requérant a révisé l'étude de la tenue mécanique du modèle de colis en conditions de transport de routine (CTR) notamment afin de répondre à des demandes de l'ASN formulées à l'issue de la l'instruction de la précédente demande de renouvellement d'agrément.

En réponse à une demande de l'ASN concernant le risque de matage sous tête des vis de fixation des composants du panier, le requérant a évalué les contraintes de compression pour chaque interface et les a comparées au critère déterminé par la norme citée en troisième référence. Les contraintes déterminées étant inférieures au critère, le requérant considère que le risque de matage sous tête des vis de fixation des composants du panier est exclu. **Ceci permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN concernant l'angle d'appui des tourillons sur les supports d'arrimage retenu dans les démonstrations de sûreté, le requérant a déterminé le diamètre maximal des supports de châssis (en transport) et des palonniers (en manutention) pour lequel cet angle est respecté. Le requérant indique que les différents supports et palonniers respectent les diamètres obtenus. **Cette étude permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN. Il appartiendra toutefois au requérant d'intégrer les paramètres importants de dimensionnement des supports de tourillons dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à l'utilisation de l'emballage TN 843.**

En réponse à une demande de l'ASN concernant le risque d'auto-desserrage des vis sous l'effet des vibrations rencontrées en cours de transport, le requérant présente une analyse visant à montrer l'absence de décollement et de glissement entre le capot et la virole pour justifier l'absence d'auto-desserrage. Il évalue, d'après la norme citée en troisième référence, une absence de glissement de ces deux plans avec un facteur de sûreté de 1,4 et une absence de décollement avec un facteur de sûreté de 11. Compte tenu de l'absence de risque de glissement et de décollement, le requérant estime que le risque d'auto-desserrage des vis des capots est exclu. L'IRSN souligne que le requérant n'a pas justifié le coefficient de frottement retenu pour l'analyse du risque de glissement. Or ce coefficient, qui dépend de la nature et de l'état de surface des différents matériaux en contact, pourrait ne pas être enveloppe. Pour ce qui concerne les effets dynamiques, et compte tenu de l'utilisation de graisse sous les têtes de vis, le coefficient de frottement pourrait être très inférieur à la valeur actuellement retenue. Compte de la marge de sûreté relativement faible eu égard à la variabilité potentielle du coefficient de

frottement, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier la valeur du coefficient retenu. **Ainsi, l'IRSN estime que le requérant ne répond pas de manière complètement satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant n'a pas révisé l'étude de la tenue mécanique du modèle de colis en conditions normales (CNT) et accidentelles de transport (CAT). L'ajout du nouveau plan de chargement ne met pas en cause les conclusions de cette étude.

En réponse à une demande de l'ASN concernant la prise en compte des conditions de serrage des vis de couvercle les plus défavorables vis-à-vis de leur intégrité, le requérant a révisé le calcul de la contrainte principale maximale dans les vis du couvercle en considérant une augmentation de la contrainte liée à la prise en compte de la précharge maximale. La nouvelle contrainte déterminée reste inférieure au critère de tenue défini dans le dossier de sûreté avec des marges de sûreté supérieures à 1,3. **Cette étude permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a mis à jour l'étude thermique du modèle de colis TN 843 afin de prendre en compte le nouveau plan de chargement homogène des CSC-C. Le contenu ainsi chargé possède une puissance thermique plus faible qu'avec le chargement hétérogène mais est transporté sous air, alors qu'il est transporté sous hélium dans le cas du chargement hétérogène ; l'air possède en effet des capacités de transmission de la chaleur bien moins élevées que l'hélium. Les températures maximales obtenues pour le chargement homogène sont similaires à celles obtenues pour le chargement hétérogène et restent inférieures aux limites d'utilisation des matériaux correspondants. Ainsi, le requérant considère que le nouveau chargement homogène est couvert par le chargement hétérogène. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En réponse à une demande de l'ASN concernant la valeur de la conductivité thermique de la résine prise en compte dans le modèle numérique en CAT, le requérant présente les hypothèses prises en compte dans le modèle numérique, qu'il considère pénalisantes, permettant de justifier qu'une variation de la conductivité de la résine n'aurait pas d'influence sur la sûreté du modèle de colis. Il indique notamment que la résine est considérée détruite sur 5 mm à l'issue de l'épreuve de feu ; ainsi, il la remplace dans le modèle par de l'air, ce qui est enveloppe de la résine carbonisée en termes de conductivité thermique. Il indique également que la conductivité pendant le feu a une importance prépondérante devant la conductivité pendant la phase de refroidissement, compte tenu de la durée d'atteinte des températures maximales dans le modèle de colis. Enfin, il indique que l'influence de la résine a une importance de deuxième ordre sur les températures atteintes par les joints, compte tenu de sa présence uniquement en partie radiale, sous les tourillons de la partie supérieure, eux-mêmes placés à bonne distance du couvercle. **Ces différents éléments, ainsi que les marges disponibles par rapport à la température maximale admissible des joints d'étanchéité en élastomère, permettent de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

4. FABRICATION ET UTILISATION

Dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, 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. **Ces mises à jour n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Le requérant a également révisé le chapitre du dossier de sûreté portant sur l'utilisation de l'emballage afin de tenir compte du nouveau chargement homogène, en précisant le gaz de remplissage de la cavité associée.

En réponse à une demande de l'ASN relative aux opérations de manutention, le requérant a précisé dans ce chapitre la vitesse limite au moment de la dépose de l'emballage sur son châssis en zone portuaire, afin de garantir la tenue des tourillons. **Ceci permet de répondre de façon satisfaisante à la demande de l'ASN.**

5. EFFETS LIES AU VIEILLISSEMENT

Dans la cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant demande un agrément du modèle de colis TN 843 selon le règlement de l'AIEA cité en deuxième référence, alors qu'il est actuellement agréé selon l'édition 2012 de ce même règlement. L'édition 2018 introduit notamment 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 dorénavant un chapitre relatif aux effets du vieillissement sur les performances du modèle de colis TN 843. Les composants pour lesquels le vieillissement est pris en compte sont ceux assurant une fonction de sûreté, et les mécanismes étudiés sont ceux liés aux effets de l'humidité, de la température, de l'irradiation, et de la fatigue.

Effets de l'humidité

Le requérant considère que les différents composants du modèle de colis sont, soit conçus avec des matériaux qui ne sont pas sensibles à l'humidité, soit protégés de la présence d'humidité par conception. Ils sont en outre contrôlés périodiquement lors des opérations de maintenance. Le requérant conclut que la présence d'humidité n'a pas de conséquence sur le vieillissement du modèle de colis. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

Effets thermiques

Le requérant indique que le maintien prolongé à des températures élevées peut avoir une influence sur les propriétés mécaniques des alliages métalliques mais que les températures maximales atteintes par les composants du modèle de colis en CNT sont très en dessous des températures auxquelles les propriétés mécaniques des aciers sont affectées (d'après le code ASME¹). Ceci exclut, selon le requérant, l'apparition de phénomène de vieillissement thermique pour les composants en acier.

Concernant les composants en aluminium, le requérant indique que les propriétés minimales considérées prennent en compte les effets de vieillissement. De plus, le bon état du panier est contrôlé de manière visuelle en maintenance. **L'IRSN considère qu'un contrôle visuel ne saurait apporter la garantie des propriétés mécaniques du panier. Aussi, le requérant devrait présenter des éléments permettant de démontrer l'absence de variabilité de ces propriétés avec la température, en cohérence avec celles retenues dans les démonstrations de sûreté.**

Pour ce qui concerne la résine neutrophage et la peinture, le requérant indique que les propriétés retenues dans les démonstrations de sûreté sont celles des matériaux vieillis. **Ceci est satisfaisant.**

Effets des rayonnements

Le requérant estime que la fluence neutronique à laquelle les composants du panier sont exposés, en tenant compte de la présence de 36 conteneurs et une durée d'utilisation continue de 40 ans, est très inférieure (d'un facteur supérieur à 10^4 en se fondant sur des données de l'ASME) à la fluence à partir de laquelle les propriétés mécaniques des métaux et alliages métalliques sont affectées.

Concernant la résine, le requérant a évalué que le rayonnement neutronique pourrait conduire à une disparition d'une quantité négligeable de bore (inférieure à 0,01 %). Pour ce qui concerne le rayonnement gamma, il indique que la dose d'irradiation reçue par la résine neutrophage durant la vie de l'emballage est inférieure (d'un facteur

¹ ASME : American Society of Mechanical Engineers.

au moins égal à 15 en se fondant sur des données du CERN) à la dose critique pour laquelle ce matériau commence à subir une dégradation. L'IRSN relève cependant que le requérant ne justifie pas la représentativité du polymère retenu par rapport à la résine du modèle de colis TN 843 pour évaluer le critère de dose critique. En outre, les essais du CERN ont vraisemblablement été réalisés à température ambiante alors que la résine des colis TN 843 peut atteindre des températures bien supérieures pendant le transport. L'IRSN considère toutefois que les hypothèses d'irradiation et d'atténuation des rayonnements gamma dans la virole en acier, permettant de déterminer le flux photonique, sont pénalisantes. **En tout état de cause, il appartiendra au requérant de compléter l'étude du vieillissement de la résine sous irradiation en tenant compte de critères d'irradiation justifiés et des effets de la température atteinte par le modèle de colis TN 843.**

Effets de la fatigue

L'analyse en fatigue des tourillons de l'emballage TN 843 a été présentée par le requérant et expertisée par l'IRSN lors des précédentes instructions. Elle n'appelait pas de remarque particulière.

La sollicitation répétée des éléments de portée de tourillon peut entraîner une usure de leur surface. L'état des surfaces externes des tourillons est pour cela contrôlé régulièrement selon le programme de maintenance de l'emballage. Par ailleurs, le bon état général de l'emballage est contrôlé lors de chaque transport et l'aménagement interne est contrôlé tous les 60 cycles. Le contrôle de l'aménagement interne inclut en particulier la présence des vis de fixation des plats de blindage extérieur. **Ces éléments n'appellent pas de commentaire.**

Synthèse

L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de répondre globalement à l'objectif du nouveau paragraphe 613A du règlement en deuxième référence. Cependant, certains mécanismes susceptibles d'avoir un effet sur le vieillissement des composants ne sont pas traités (effets thermomécaniques, cyclages, compatibilité des matériaux, etc.), limitant l'exhaustivité de l'analyse. En outre, le requérant ne précise pas les études réalisées pour définir la périodicité des contrôles en maintenance ou des changements des composants, notamment ceux classés comme éléments importants pour la sûreté (EIS) et dont l'indice de maintenabilité défini par le requérant les rend impossible à contrôler. **Aussi, il appartiendra au requérant de poursuivre ses analyses sur l'ensemble des mécanismes susceptibles d'avoir un effet sur le vieillissement des composants du modèle de colis TN 843, en cohérence avec la périodicité et les opérations de maintenance, en tenant compte des remarques formulées dans le présent paragraphe 7.**

6. 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 estime que le niveau de sûreté du modèle de colis TN 843 chargé de CSD-C, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément transmis, est satisfaisant au regard des prescriptions de l'édition 2018 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, l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière satisfaisante aux demandes formulées par l'ASN à l'issue de la précédente instruction, excepté pour ce qui concerne l'absence de risque de desserrage des vis du capot.

Enfin, il appartiendra au requérant de tenir compte des remarques formulées dans le présent avis afin d'améliorer les démonstrations de sûreté.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté