

Fontenay-aux-Roses, le 22 avril 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00064

Objet :	Transport - Prorogation et extension d'agrément de l'emballage TNF-XI chargé d'oxydes d'uranium
Réf. :	[1] Saisine ASN CODEP DTS 2020-039246 du 31 juillet 2020. [2] Règlement de transport des matières radioactives de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique - collection Normes de sûreté, N°SSR-6, édition de 2012. [3] Safety Guide IAEA - No. TS-G-1.1 Rev. 1: « Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material ».

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande de prorogation et d'extension d'agrément présentée par la société Orano TN (devenue, en novembre 2020, Orano Nuclear Packages and Services, dit « Orano NPS »), ci-après dénommée « le requérant ».

Cette demande concerne le transport du modèle de colis TNF-XI chargé d'oxydes d'uranium (contenus n°2, 4, 7 et 8), en tant que colis du type A ou du type IP-2 pour matières fissiles. Ces transports, actuellement autorisés sous couvert d'agrément valide jusqu'au 31 décembre 2021, sont réalisés par voies routière, ferroviaire et maritime au départ de l'Europe et des États-Unis vers le Japon. Le requérant a également complété sa demande pour introduire le transport d'un nouveau contenu (n°9) constitué d'oxydes d'uranium, contenant éventuellement des poisons neutroniques, ainsi que des additifs mélangés à des résidus ; le colis TNF-XI chargé de ce contenu est du type A pour matière fissile.

De l'examen des justifications de sûreté présentées par rapport au règlement cité en deuxième référence, l'IRSN retient les points suivants.

1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

Le concept d'emballage TNF-XI n'a pas été modifié dans le cadre de la présente demande de prorogation. Pour mémoire, l'emballage, de forme cubique, comprend quatre cavités cylindriques pouvant contenir chacune trois conteneurs fermés, dénommés « seaux », empilés. Ces cavités sont obturées successivement par un couvercle

primaire à baïonnette, en acier inoxydable et équipé d'un joint à lèvres en élastomère, un bouchon supérieur de protection et un couvercle secondaire également à baïonnette. Il existe deux versions du couvercle primaire (versions « standard » et « option 1 ») se différenciant par la conception des crabots du système à baïonnette (usinés dans la masse ou soudés). Les protections mécaniques et thermiques de l'emballage sont assurées par des blocs de mousse phénolique de différentes densités, situés dans l'espace autour des cavités. Enfin, une résine neutrophage est placée autour de chaque cavité.

1.2. DESCRIPTION DES CONTENUS

Les contenus, objets de la présente demande, sont constitués d'oxydes d'uranium (UO_2 , UO_3 et U_3O_8) sous formes de poudre, de pastilles ou de fragments. La matière, conditionnée dans des housses en matière plastique, est placée dans les seaux. Pour les contenus n°2, 4, 8 et 9, les seaux sont équipés en partie inférieure d'un anneau en acier boré.

Par ailleurs, dans le cadre de cette demande, la principale modification des contenus porte sur l'ajout d'un système de calage afin de limiter le phénomène d'impact différé des sceaux sur le système de fermeture.

2. COMPORTEMENT MECANIQUE DU MODELE DE COLIS

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE (CTR)

Tenue en pression de l'enveloppe de confinement

En réponse à la demande de l'ASN relative à la tenue en pression de l'enveloppe de confinement, le requérant prend dorénavant en compte la pression de vapeur saturante issue de l'humidité présente dans les poudres d'oxyde d'uranium selon une approche qu'il justifie au regard de la limite élastique de la nuance d'acier inoxydable constituant les composants de l'enveloppe de confinement. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant répondent de manière acceptable à la demande de l'ASN.** L'IRSN relève que la température minimale de paroi retenue par le requérant dans le cadre de cette démarche ne semble pas être la plus conservatrice pour évaluer la pression de vapeur saturante. Prendre en compte la température maximale ne remet toutefois pas en cause les conclusions du requérant. En tout état de cause, pour l'IRSN, il conviendrait de justifier l'utilisation de la température de paroi minimale lorsqu'il existe un gradient de température sur cette paroi.

Arrimage et manutention

Pour rappel, le modèle de colis TNF-XI est transporté en position verticale dans un conteneur de type ISO 20 pieds. Chaque conteneur peut contenir au maximum 20 colis. Les colis, placés sur deux niveaux, sont bloqués en direction longitudinale et latérale à l'aide de pièces en bois, intercalées entre chaque colis.

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a présenté des justifications d'absence de dégradation de la structure de l'emballage en conditions de transport de routine, **que l'IRSN estime acceptables.** En revanche, bien que demandé par l'ASN, le requérant ne prévoit pas de définir de critère de surface unique à respecter entre les cales et les colis. Il justifie ce choix en s'appuyant sur le fait qu'aucun endommagement ou enfoncement sur les parois du colis n'a été constaté. **Cette justification, fondée sur le retour d'expérience, répond de manière acceptable à la question portée par la demande de l'ASN.** L'IRSN souligne l'importance de s'assurer dans le temps de l'absence d'endommagement ; aussi, en cas d'écart, le requérant veillera à s'assurer que celui-ci ne remette pas en cause cette justification.

Enfin, en cas de rupture mécanique telle que l'arrachement des tôles, l'arrachement des coins ISO ou l'ouverture des portes du caisson ISO 20 pieds, la sûreté du modèle de colis pourrait être mise en cause ou générer un accident. Aussi, pour éviter ce risque, l'IRSN estime que les instructions d'utilisation devraient inclure des consignes d'arrimage et de manutention des emballages TNF-XI au caisson ISO 20 pieds. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.**

2.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT (CAT)

Essais et simulations de chute

Les analyses de comportement mécanique en CAT du colis reposent principalement sur les séquences d'essais de chute à température ambiante effectuées en 2001.

En lien avec les demandes de l'ASN portant notamment sur la prise en compte des résultats du programme d'essai de caractérisation des propriétés mécaniques de la mousse phénolique, et sur les calculs d'accélération du colis sur la plage de températures réglementaires, le requérant a présenté, dans le cadre de la présente demande, les nouveaux éléments de démonstration suivants :

- les résultats d'un essai de chute libre réalisé en 2020 d'un spécimen considéré comme représentatif du parc en termes de vieillissement et de caractéristiques mécaniques ;
- des simulations numériques évaluant le comportement du colis lors d'une chute de 10,2 mètres sur coin, tenant compte des effets de la température des conditions normales de transport (CNT) et du vieillissement des mousses phénoliques.

La chute de ce spécimen avait également pour objectif de valider les résultats du calcul numérique précité.

Sur la base de l'ensemble des essais et calculs, le requérant conclut que la tenue mécanique du colis en CAT est globalement démontrée. En particulier, il considère que l'isolement de la matière fissile est garanti dans toutes les conditions de transport. **L'IRSN estime que les éléments fournis par le requérant répondent donc de manière acceptable aux demandes de l'ASN.**

Toutefois, dans le cadre de la présente demande, le requérant n'a pas vérifié que la prise en compte des caractéristiques mécaniques des mousses phénoliques vieilles et des caractéristiques minimales des aciers ne remettait pas en cause les conclusions de la démonstration liée à la chute sur poinçon du dossier de sûreté du modèle de colis TNF-XI. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 2.**

Enfin, dans le cadre des demandes de l'ASN portant sur la caractérisation des mousses phénoliques et son influence sur les accélérations de chute, le requérant a réalisé de nouveaux essais de compression de ces mousses, menés après un vieillissement accéléré à haute température dont il a fait varier la durée. Les résultats des essais ont permis au requérant de déterminer pour les simulations numériques deux lois de comportement dites « dure » et « molle », enveloppes des caractéristiques des mousses phénoliques après vieillissement sur la plage de températures rencontrées en CNT. **L'IRSN estime que la démarche retenue par le requérant et les résultats obtenus répondent de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN sur ce sujet.**

Impact différé des seaux sur le système de fermeture

En réponse à des demandes de l'ASN, le requérant a effectué une campagne de mesures du jeu entre les trois seaux empilés et le couvercle primaire et a conclu qu'il existait des jeux non négligeables qui pourraient avoir une influence sur la tenue du système de fermeture en CAT en cas d'impact différé des seaux. Afin d'exclure ce risque, le requérant a mis en place un système de calage permettant d'assurer un jeu maximal de 10 mm entre le seau supérieur et le système de fermeture. **Les éléments fournis par le requérant répondent de manière acceptable aux demandes formulées par l'ASN.**

En outre, le requérant prévoit d'attendre l'obtention de l'agrément français du modèle de colis TNF-XI pour lancer la fabrication des systèmes de calage. Par conséquent, du fait du grand nombre d'emballages existants, ces nouveaux systèmes ne seront mis en place qu'au fur et à mesure de leur production, au cours d'une période transitoire de dix-huit mois après l'obtention de l'agrément, avec une obligation que tous les emballages soient équipés à la fin de cette période. Aussi, le requérant précise dans le certificat d'agrément qu'au-delà de dix-huit mois à compter de la date d'émission du certificat, seuls les emballages présentant le système de calage seront autorisés à circuler. **Ceci est satisfaisant.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE DU MODELE DE COLIS

Dans le cadre de la présente demande, l'étude du comportement thermique du modèle de colis a été intégralement reprise en utilisant un modèle 3D.

Pour mémoire, l'étude du comportement thermique du colis lors de l'épreuve réglementaire d'incendie simulant les CAT repose, d'une part sur des essais réalisés dans un four avec des prototypes ayant subi les épreuves de chute, d'autre part sur des calculs thermiques qui ont été intégralement révisés dans le cadre de la présente demande en considérant les nouveaux endommagements.

Pour ce qui concerne les joints en élastomère, le requérant a justifié les critères permettant de garantir leur tenue et a présenté les résultats des essais qu'il a réalisés avec ces critères, **ce qui est satisfaisant**. L'IRSN relève que le critère de tenue des joints en régime permanent défini dans le dossier de sûreté n'est pas cohérent avec les tests réalisés par le requérant. Toutefois, le critère de température retenu en CNT est inférieur à celui considéré dans les tests. **Aussi, il serait souhaitable que le requérant veuille à mettre en cohérence sa démonstration de sûreté sur ce point.**

Les températures maximales, calculées en CNT au niveau de la surface externe de l'emballage à l'aide du nouveau modèle numérique, sont bien inférieures à la température maximale admissible, ce qui garantit la stabilité thermique des conditionnements primaires. **Ceci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.**

Pour ce qui concerne les CAT, afin de répondre à une demande de l'ASN, le requérant a réalisé deux nouveaux modèles numériques, le premier associé à l'essai réalisé en four, le second destiné à prendre en compte les endommagements résultant des essais de chute en utilisant les éléments de recalage du premier. Les valeurs de températures calculées sont supérieures à celles de l'essai, en particulier parce que les endommagements modélisés sont plus importants. La température maximale du contenu obtenue montre l'absence de risque de dégradation des housses de conditionnement par thermolyse. **Aussi, l'IRSN considère que les éléments fournis par le requérant répondent de manière satisfaisante à la demande formulée par l'ASN.**

4. CONFINEMENT

Le dossier de sûreté identifie dorénavant les seaux et les housses en plastique comme étant des éléments de l'enveloppe de confinement. Par conséquent, il devrait également présenter les caractéristiques minimales des housses et seaux permettant de garantir la sûreté du modèle de colis TNF-XI, en accord avec celles de la démonstration de sûreté mise à jour. Cependant, l'IRSN considère que les housses en plastique contribuent à la limitation du risque de dispersion des poudres, sans toutefois relever de la définition d'une enveloppe de confinement. **Dans ces conditions, l'ajout des seaux dans la définition de l'enveloppe de confinement fait l'objet de l'observation n° 3. Les autres modifications du dossier de sûreté n'appellent pas de commentaire.**

5. RADIOPROTECTION

Le requérant a procédé à une mise à jour de l'étude de radioprotection du modèle de colis pour prendre en compte le nouveau contenu n°9 et répondre aux demandes de l'ASN concernant la radioprotection.

L'ajout du contenu n°9, constitué d'oxydes d'uranium naturel ou appauvri, ne modifie pas les résultats de calcul, ce dernier étant couvert par le contenu n°4 dont l'uranium peut provenir du retraitement des combustibles irradiés. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

Comme indiqué précédemment, un système de calage des seaux est ajouté dans le cadre de la présente demande. Aussi, la variation du débit d'équivalent de dose à la suite des essais représentatifs des CNT serait faible en raison du déplacement limité des seaux. **Ceci permet de répondre de manière acceptable à la demande formulée par l'ASN sur cette problématique.**

6. PREVENTION DU RISQUE DE CRITICITE

Dans le cadre de la demande de prorogation, le requérant a modifié l'étude de criticité du modèle de colis TNF-XI. Conformément aux demandes de l'ASN, le requérant a mis à jour les hypothèses d'étude de criticité en tenant compte des études mécaniques et thermiques mises à jour dans le cadre de la présente demande. Sur la base de ses vérifications, **l'IRSN estime que la sous-criticité de l'emballage TNF-XI chargé des contenus n°2, 4, 7, 8 et 9 est justifiée.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

En réponse à une demande de l'ASN portant sur la nature d'une soudure faisant partie de l'enveloppe de confinement, le requérant indique qu'il s'agit d'une soudure périphérique pleine pénétration avec une préparation en « demi V » et qu'elle est contrôlée à 100% par ressuage. Or l'IRSN considère que la technique de ressuage ne permet pas de contrôler la soudure sur toute sa profondeur. Ceci s'applique à l'ensemble des soudures de confinement, en particulier celles fortement sollicitées lors des essais de chute. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.**

Les opérations de maintenance de l'emballage TNF-XI sont réalisées tous les trois ans et portent majoritairement sur des contrôles visuels du bon état de l'emballage. En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a ajouté un contrôle visuel des soudures ainsi qu'un changement systématique des joints à lèvres. **Ceci est satisfaisant.** De manière générale, sur l'ensemble des contrôles réalisés en utilisation et en maintenance, il serait utile que soient précisés dans le dossier de sûreté, d'une part les principes retenus pour les inspections visuelles réalisées lors des maintenances des emballages TNF-XI, d'autre part les critères permettant de considérer que les contrôles sont satisfaisants.

Conformément à une demande de l'ASN sur le risque de corrosion des enveloppes métalliques en contact avec les mousses phénoliques, le requérant spécifie dorénavant dans le dossier de sûreté la concentration en chlore à ne pas dépasser dans la mousse phénolique. **Ceci est satisfaisant.**

8. RETOUR D'EXPERIENCE

Comme déjà souligné lors de l'expertise de la précédente demande de prorogation, le retour d'expérience issu de l'exploitation des emballages TNF-XI montre que les passages de fourches utilisés en manutention subissent régulièrement des déformations lors des opérations de levage et de dépose du colis. Afin de réduire ce risque, le requérant prévoit une mise à jour de la notice d'utilisation du colis avant le prochain transport. Des dégradations au niveau des passages de fourches ayant déjà été signalées par le passé, **l'IRSN rappelle l'importance de mener à leur terme les actions déjà entreprises par le requérant sur ce sujet.**

Par ailleurs, bien que l'ASN ait demandé au requérant de compléter la synthèse des opérations de maintenance et d'exploitation en indiquant la consommation de pièces de rechange, le requérant n'a pas présenté d'élément à ce sujet. **Aussi, la demande formulée par l'ASN sur ce point reste à prendre en compte par le requérant.**

9. CONCLUSION

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société Orano NPS, l'IRSN considère que le modèle de colis objet du présent avis, tel que décrit dans les projets de certificat transmis, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables, selon le contenu transporté, aux modèles de colis du type A chargés de matières fissiles et du type IP-2 chargés de matières fissiles. Toutefois, le requérant devra tenir compte de la recommandation formulée en annexe 1 du présent avis.

Enfin, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait également tenir compte des observations formulées en annexe 2 du présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00064 DU 22 AVRIL 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant justifie la qualité des soudures de confinement de l'emballage TNF-XI sur toute leur profondeur.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00064 DU 22 AVRIL 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que les instructions d'utilisation du dossier de sûreté devraient établir que les consignes d'arrimage et de manutention des emballages TNF-XI au caisson ISO 20 pieds et le dimensionnement des éléments de liaison doivent être en accord avec les hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait vérifier que la prise en compte des caractéristiques mécaniques des mousses phénoliques vieilles et des caractéristiques minimales des aciers du modèle de colis TNF-XI ne remet pas en cause les conclusions de la démonstration liée à la chute sur poinçon.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait définir dans le dossier de sûreté du modèle de colis TNF-XI les caractéristiques minimales des seaux, telles que prises en compte dans la démonstration de sûreté mise à jour.