

Fontenay-aux-Roses, le 15 janvier 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00006

Objet : Transport - Prorogation d'agrément du modèle de colis TN-MTR chargé d'éléments combustibles MTR

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2020-023432 du 1^{er} avril 2020.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition 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) sur la demande de prorogation d'agrément présentée par la société Orano TN (devenue, en novembre 2020, Orano Nuclear Packages and Services, dit « Orano NPS » et ci-après dénommée « le requérant ») pour le modèle de colis TN-MTR.

Cette demande concerne le transport, par voies routière, ferroviaire et maritime du modèle de colis TN-MTR chargé d'éléments combustibles irradiés dans des réacteurs de recherche de type MTR (*Material Research Reactor*) ou d'éléments réflecteurs au béryllium en tant que colis de type B(U) pour matières fissiles ou non.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN au regard du règlement cité en deuxième référence. De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant en cours d'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. PRESENTATION DU MODELE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

L'emballage TN-MTR, de forme cylindrique, est transporté verticalement. Il est constitué d'un corps qui délimite la cavité fermée dans sa partie supérieure par un couvercle vissé. Le corps de l'emballage est constitué d'acier, d'une couche de plomb et d'une protection thermique et neutronique permettant d'atténuer l'intensité des rayonnements autour du colis. Le système de fermeture est constitué d'un couvercle muni de joints en élastomère fixé au corps de l'emballage par des vis. Le capot amortisseur, placé au-dessus du couvercle sur l'extrémité supérieure du corps, est composé d'une enveloppe en acier inoxydable remplie de bois, permettant l'amortissement des chocs mécaniques et protégeant les joints d'étanchéité en élastomère de l'enveloppe de confinement en cas d'incendie.

Enfin, l'emballage est arrimé au moyen de quatre oreilles soudées sur le corps et manutentionné à l'aide de deux tourillons vissés sur la partie supérieure de la virole externe. Il est transporté dans un caisson de transport.

Le requérant indique désormais que les caractéristiques thermiques des matériaux sont des valeurs indicatives issues de la littérature. Ces valeurs sont représentatives des caractéristiques usuellement définies dans la littérature pour ces matériaux, excepté pour les caractéristiques thermiques de la résine qui a été développée par le requérant. Or, le requérant ne présente pas d'étude de sensibilité sur les caractéristiques thermiques de la résine permettant de vérifier que cela ne met pas en cause le caractère pénalisant des valeurs retenues dans la démonstration de sûreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

1.2. DESCRIPTION DES CONTENUS

Un contenu est composé d'éléments réflecteurs en béryllium. Ses caractéristiques n'ont pas été modifiées dans le cadre de la présente demande de prorogation.

Six contenus sont composés d'éléments combustibles irradiés dans des réacteurs de recherche de type MTR et peuvent être transportés dans six types de paniers dédiés selon les matières à transporter. Les caractéristiques de certains de ces contenus ont été sensiblement modifiées par rapport à la précédente demande de prorogation d'agrément. Par ailleurs, le requérant a supprimé du projet de certificat d'agrément la mention indiquant que la présence de matériaux ayant une concentration en hydrogène supérieure à celle de l'eau est exclue de ces 6 contenus. Or, la présence de tels matériaux (par exemple des housses en polyéthylène), susceptibles de venir au contact de la matière fissile, n'a pas été prise en compte dans l'étude de criticité. Compte tenu de l'importance de cette hypothèse pour la sûreté, **l'IRSN a réintégré cette mention dans le projet de certificat d'agrément.**

2. DEMONSTRATION DE SURETE

L'expertise de l'IRSN porte sur la mise à jour du dossier de sûreté transmise à l'appui de la présente demande de prorogation d'agrément et sur les réponses apportées par le requérant aux demandes de l'ASN formulées en 2016 à l'occasion de la délivrance du précédent certificat d'agrément.

2.1. COMPORTEMENT MECANIQUE

Le comportement mécanique du modèle de colis à l'issue des épreuves réglementaires simulant les conditions normales et accidentelles de transport (CNT et CAT) est justifié dans le dossier de sûreté par des calculs analytiques et numériques, et par des essais de chute réalisés avec une maquette représentative du colis à échelle réduite. Le requérant a complété l'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN-MTR afin d'intégrer les réponses aux demandes de l'ASN.

2.1.1. Épreuves de chute

Dans son processus de calculs, le requérant filtre les accélérations calculées en considérant une fréquence de filtrage égale à 500 Hz, qui correspond à celle utilisée pour le traitement des mesures réalisées lors des essais de chute. En réponse à une demande de l'ASN d'étudier l'influence de la fréquence de filtrage sur les accélérations évaluées à froid, le requérant a montré qu'une augmentation de la fréquence de filtrage ne conduit pas à modifier de manière significative l'accélération maximale obtenue à basse température. **Ceci permet de répondre à la question de sûreté à l'origine de cette demande.**

2.1.2. Comportement mécanique du modèle de colis en conditions de transport de routine

Pour les phases de transport, l'emballage repose verticalement sur un châssis, sur lequel il est fixé par quatre sangles qui passent au niveau de ses quatre oreilles d'arrimage. La tenue de ces oreilles d'arrimage est évaluée pour une charge de 2,2 g, en considérant qu'une seule oreille reprend cette accélération. L'IRSN relève que ce dimensionnement permet de couvrir le chargement retenu par l'AIEA dans son projet de mise à jour du guide n°SSG-26. **Ceci est satisfaisant.**

Concernant l'arrimage, le requérant a étudié la tenue de la soudure entre l'oreille d'arrimage et le corps de l'emballage, concluant qu'il n'existe pas de risque de rupture avec des marges de sûreté suffisantes. Cependant, la tenue à la fatigue de cette soudure n'a pas été évaluée. L'IRSN note par ailleurs que seul un contrôle visuel ou par ressuage des soudures des oreilles d'arrimage est stipulé dans les instructions d'utilisation de l'emballage et dans le programme d'entretien. Or, une amorce de fissure en cœur ou à la racine de cordon ne serait pas détectée avec les méthodes prévues. Enfin, les essais de réception prévus dans le dossier de sûreté ne mentionnent pas d'essai de ces organes, ni de contrôle par radiographie de leurs soudures. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

Concernant la manutention de l'emballage TN-MTR, celle-ci est réalisée au moyen des deux tourillons vissés sur la bride de tête de l'emballage. La tenue mécanique des tourillons et de leurs vis de fixation a été vérifiée sur la base de calculs numériques, en considérant que la charge verticale est reprise par un seul des deux tourillons. La tenue en fatigue des tourillons est également justifiée. Cependant, l'IRSN souligne que la tenue en fatigue des vis de fixation de ces tourillons n'a pas été évaluée. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 2 au présent avis.**

2.1.3. Comportement mécanique du modèle de colis en conditions normales et accidentelles de transport

Concernant le comportement mécanique du colis sur la plage de température réglementaire, les propriétés mécaniques du bois du capot tiennent compte du durcissement du bois à basse température et de son ramollissement à haute température. À cet égard, lors de la précédente expertise, le requérant a transmis des compléments analysant l'impact de l'évolution de ces propriétés sur l'accélération évaluée pour le colis en CAT, conduisant à une estimation de l'accélération maximale, pour une chute du colis en position verticale avec impact côté tête, supérieure à celle qui était retenue précédemment. L'IRSN estime que ces compléments devraient figurer dans le dossier de sûreté. **Cette demande est intégrée dans l'observation n° 6 présentée au paragraphe 2.7 du présent avis.**

Concernant le taux d'écrasement maximal du bois retenu dans les calculs en température, il ne correspond pas à une spécification des caractéristiques du bois en fabrication et il n'est pas démontré que cette valeur est représentative de l'essence de bois retenue. Les calculs montrent que le bois du capot s'écrase jusqu'à cette valeur à la suite d'une chute oblique à la température maximale en CNT. Si, pour un exemplaire d'emballage, le taux d'écrasement du bois de son capot est inférieur à la valeur retenue dans les calculs, l'énergie absorbée par les blocs de bois lors d'une chute sera inférieure à celle calculée. Cette énergie pourrait alors être absorbée par les structures métalliques de l'emballage, ce qui est susceptible d'engendrer des efforts plus importants dans les éléments du système de fermeture. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

Concernant l'impact différé du contenu, en réponse à une demande de l'ASN de proposer une optimisation des calages entre les paniers chargés des contenus et la surface interne du couvercle, le requérant a révisé le dossier de sûreté pour limiter le jeu axial entre le haut du panier et la surface interne du couvercle, le cas échéant à l'aide de cales. Ces dispositions permettent de limiter les conséquences potentielles d'un impact différé du contenu lors d'une chute en CAT. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté à l'origine de cette demande.**

2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE

Le comportement thermique du modèle de colis en CAT (épreuve réglementaire de feu) est estimé sur la base de calculs numériques. L'étude du comportement thermique du modèle de colis TN-MTR n'a pas été modifiée depuis la précédente demande de prorogation.

En réponse à deux demandes de l'ASN, le requérant a complété son étude du comportement thermique du modèle de colis à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie, d'une part en tenant compte de la compaction

des blocs de bois du capot à l'issue d'une chute libre de 9 mètres, d'autre part en justifiant le caractère pénalisant de la diffusivité du contenu retenue. Concernant le premier point, le requérant montre que les modélisations réalisées d'un poinçonnement radialement au contact de la surface supérieure du couvercle, de manière à ce que le flux thermique soit au plus près des éléments de fermeture, sont pénalisantes par rapport à une augmentation de la conductivité du bois qui serait induite par sa compaction. Concernant le second point, le requérant a réalisé une étude de sensibilité montrant que la diffusivité du contenu n'a pas d'impact significatif sur les résultats de l'analyse thermique du modèle de colis TN-MTR. **Ces compléments permettent de répondre aux questions de sûreté à l'origine de ces demandes.**

Au regard des résultats de l'étude thermique, le requérant conclut que les températures maximales des composants du colis à l'issue de l'épreuve réglementaire de feu ne sont pas de nature à mettre en cause le niveau de sûreté du colis. Cependant, le requérant n'a pas évalué les conséquences de l'éventuelle poursuite de la combustion du bois du capot à l'issue de l'épreuve réglementaire de feu sur la température maximale des joints qui équipent le couvercle de l'emballage. Or, des études et des essais conduits par l'IRSN montrent que ce phénomène peut avoir des conséquences significatives sur la température des joints d'étanchéité. L'IRSN estime que la marge de sûreté d'environ 20°C évaluée par le requérant sur la température maximale d'utilisation des joints pourrait ne pas couvrir l'augmentation de température susceptible d'être induite par ce phénomène. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

Concernant l'évaluation des températures atteintes dans les différents contenus transportés par l'emballage, les calculs effectués par le requérant reposent sur la température de la virole interne calculée à l'aide du modèle numérique utilisé pour évaluer les températures des composants de l'emballage. Ces résultats sont utilisés pour étudier le comportement thermique des contenus et pour évaluer la température de la cavité. La température de la cavité est ensuite utilisée pour déterminer la pression maximale servant d'hypothèse à l'étude de relâchement d'activité. L'IRSN note que ces calculs ne prennent pas en compte la poursuite de la combustion du bois des capots. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

2.3. CONFINEMENT

Concernant l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN-MTR, celle-ci a été modifiée par le requérant afin d'intégrer les modifications apportées à certains types de contenus. **Ceci est satisfaisant.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la prise en compte de la pression de vapeur saturante de l'eau dans le calcul de relâchement d'activité pour les éléments chargés sous eau, le requérant indique ne pas la prendre en compte car des essais ont montré une absence d'eau au sein de l'enveloppe de confinement après séchage de la cavité pour les contenus considérés. En outre, le requérant a rappelé qu'il s'est engagé à transmettre une procédure de séchage pour approbation avant la réalisation de transport d'éléments chargés en étuis, boîtiers ou bouteillons. **Ceci permet de répondre à la question de sûreté à l'origine de cette demande.**

Néanmoins, l'IRSN rappelle que dans un courrier de 2009 relatif au séchage des emballages, l'ASN demande au requérant de prendre en compte dans les analyses de sûreté-criticité, de radiolyse et de confinement une quantité d'eau supplémentaire due à la précision de la procédure utilisée pour sécher les emballages. Cette demande n'est pas prise en compte par le requérant, en particulier dans l'étude de relâchement d'activité.

Concernant le taux de remplissage des gorges destinées à accueillir les joints d'étanchéité en élastomère, le requérant a révisé son évaluation en tenant compte du coefficient de dilatation volumique préconisé par l'ASN. L'IRSN estime que la marge de sûreté par rapport à la température d'extrusion des joints ne permet pas de prendre en compte l'éventuelle poursuite de la combustion du bois du capot évoquée au paragraphe 2.2 du présent avis. Aussi, le requérant devra démontrer que la prise en compte de la combustion du bois du capot ne peut conduire à une perte de l'étanchéité de l'emballage. **Cette demande est intégrée dans la recommandation n° 2 en annexe 1 au présent avis.**

2.4. RADIOPROTECTION

L'étude de radioprotection du modèle de colis TN-MTR a été révisée pour intégrer les modifications apportées à certains contenus. **Ceci est satisfaisant.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à l'étude des conséquences d'un déplacement des aménagements internes et des contenus à la suite des épreuves simulant les conditions normales de transport, le requérant apporte la démonstration que cette hypothèse ne met pas en cause le respect des critères réglementaires concernant les débits d'équivalent de dose. **Ceci permet de répondre à la question de sûreté à l'origine de cette demande.**

2.5. PREVENTION DU RISQUE DE CRITICITE

En réponse à des demandes de l'ASN, le requérant a intégré dans l'étude de criticité du modèle de colis TN-MTR des informations relatives à la qualification des codes de calcul utilisés, à la justification de la méthode permettant de définir les milieux fissiles dans les calculs et à la définition de l'épaisseur minimale d'aluminium boré entre les logements du panier.

Ces ajouts n'appellent pas de commentaire de la part de l'IRSN et permettent de répondre aux questions de sûreté à l'origine de ces demandes.

2.6. UTILISATION

Les instructions d'utilisation du modèle de colis TN-MTR ont été mises à jour dans le cadre de présente demande d'agrément afin de spécifier la vérification de la présence du système de calage amovible des paniers RHF et MTR-68 lors des opérations de chargement et de déchargement de l'emballage.

L'IRSN relève que les instructions d'utilisation ne décrivent pas les plans d'arrimage, correspondant aux démonstrations de sûreté, qui devraient être remis par l'expéditeur au transporteur. En outre, elles ne mentionnent ni la restriction d'utilisation des tourillons aux seules phases de manutention (conformément à la démonstration de sûreté présentée dans le dossier de sûreté), ni l'obligation de rendre inopérants les organes d'arrimage lors des phases de manutention (leur tenue n'est démontrée qu'en configuration d'arrimage).

Par ailleurs, les démonstrations de sûreté calculent des efforts qui sont repris aussi bien par l'emballage que par les pièces d'interface (sangles, ponts, palonniers, etc.). Aussi, ces pièces d'interface doivent être dimensionnées en fonction de ces efforts ; or, les instructions d'utilisation ne mentionnent pas ce point.

L'ensemble des éléments présentés ci-dessus conduisent l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.

2.7. ASSURANCE DE LA QUALITE

Les dispositions d'assurance de la qualité présentées n'ont pas été modifiées depuis la précédente demande de prorogation.

Comme indiqué dans le présent avis, l'IRSN a identifié plusieurs compléments apportés lors des précédentes demandes d'agrément qui n'ont pas été intégrés dans le dossier de sûreté, alors que le requérant s'appuie sur ces compléments dans ses démonstrations de sûreté. L'IRSN estime important que le dossier de sûreté soit autoportant au regard des démonstrations de sûreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

3. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS, l'IRSN considère que le modèle de colis TN-MTR, tel que défini dans les projets de certificats modifiés par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matière fissile ou non, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, la société Orano NPS devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00006 DU 15 JANVIER 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant justifie la tenue en fatigue des soudures des organes d'arrimage du modèle de colis TN-MTR.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que le requérant justifie le maintien de l'étanchéité des joints en élastomère qui équipent les composants de fermeture de la cavité du colis en cas de poursuite de la combustion du bois du capot du modèle de colis TN-MTR à l'issue des 30 minutes d'incendie de l'épreuve thermique réglementaire.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00006 DU 15 JANVIER 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait définir les caractéristiques thermiques de la résine à garantir en fabrication et justifier que celles retenues dans les démonstrations de sûreté sont représentatives et ne conduisent pas à sous-estimer les températures atteintes par les composants de l'emballage en conditions normales et accidentelles de transport.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier la tenue en fatigue des vis de fixation des tourillons de manutention du modèle de colis TN-MTR.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que le taux d'écrasement maximal du bois, déterminé à partir d'une formule basée sur la densité de la cellulose et retenu dans les calculs de tenue mécanique en température, est représentatif du bois utilisé dans les capots amortisseurs du modèle de colis TN-MTR, en particulier compte tenu des effets dynamiques de son écrasement au cours de la chute représentative des conditions accidentelles de transport.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que la combustion du bois des capots suite aux conditions accidentelles de transport ne met pas en cause, d'une part les conclusions de l'étude du comportement en température des contenus du modèle de colis TN-MTR, d'autre part celles de l'évaluation du relâchement d'activité dont les hypothèses de pression interne reposent sur la température du gaz de remplissage de la cavité.

Observation n° 5

L'IRSN estime que le requérant devrait compléter les instructions d'utilisation de l'emballage TN-MTR, d'une part en indiquant la restriction d'utilisation des tourillons aux seules phases de manutention et l'obligation de rendre inopérants les organes d'arrimage lors des phases de manutention, d'autre part en précisant que les consignes d'arrimage et de manutention doivent être en accord avec les hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté.

Observation n° 6

L'IRSN estime que le requérant devrait intégrer dans le dossier de sûreté les compléments apportés lors des demandes d'agrément du modèle de colis TN-MTR, en particulier ceux qui revêtent une importance pour la sûreté (hypothèses, démonstrations complémentaires, marges de sûreté...).