

Fontenay-aux-Roses, le 23 mars 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00044

Objet : Transport – Autorisation de transport en caisson ISO 20 pieds modifié - Modèle de colis TN-MTR

Réf. : [1] Lettre ASN – CODEP-DTS-2021-001248 du 7 janvier 2021.
[2] Règlement de transport de matières radioactives de l'AIEA - N° SSR-6, édition de 2012.

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 demande d'autorisation de transport confiné du modèle de colis TN-MTR, transmise en décembre 2020 par la société Orano NPS, ci-après dénommée « le requérant ».

Cette demande, qui concerne le transport par voie routière, dans un caisson ISO 20 pieds modifié, de l'emballage TN-MTR chargé d'éléments combustibles irradiés ou de sources radioactives, dont la puissance thermique ne dépasse pas 4 600 W, s'appuie en particulier sur un essai thermique.

De l'expertise par l'IRSN des éléments présentés par le requérant à l'appui de sa demande, au regard des exigences applicables de la réglementation citée en deuxième référence, il ressort les principaux points ci-après.

1. CONTEXTE

Le modèle de colis TN-MTR est agréé pour le transport par voies routière, ferrovière et maritime d'éléments combustibles irradiés dans des réacteurs de recherche ou de sources radioactives, dont la puissance thermique ne dépasse pas 5 000 W. Il a déjà fait l'objet d'autorisations de transport en caisson ISO 20 pieds modifié.

Suite à l'expertise de la précédente demande d'autorisation de transport en milieu confiné par l'IRSN en 2015, l'ASN a demandé au requérant, dans un courrier de 2016, de réaliser un essai thermique à l'occasion d'un transport, en caisson ISO 20 pieds modifié, d'un colis TN-MTR chargé d'un contenu présentant une puissance thermique supérieure à 2,5 kW afin de valider le conservatisme des hypothèses retenues dans les calculs numériques. Le requérant a effectué l'essai demandé en 2020. Il a intégré les résultats de cet essai dans la demande d'autorisation de transport confiné, objet de la présente expertise.

L'emballage TN-MTR est cylindrique d'axe vertical. Il mesure 2 m de hauteur et de diamètre, et sa masse est d'environ 20 tonnes. Il se compose principalement d'un corps en acier inoxydable, plomb et isolant thermique, d'un couvercle en plomb et en acier inoxydable et d'un capot amortisseur de tête constitué de tôles d'acier inoxydable remplies de blocs de bois. Le corps de l'emballage présente sur une partie de sa surface externe des

ailettes favorisant la dissipation de la chaleur. Il est également équipé de deux tourillons de manutention et de quatre oreilles d'arrimage.

Le caisson est un conteneur ISO 20 pieds standard, isolé thermiquement au plafond, disposant d'ouvertures en parties haute et basse des parois latérales, munies de persiennes grillagées afin d'éviter la pénétration d'eau dans le caisson.

2. ESSAI THERMIQUE ET RECALAGE NUMÉRIQUE

2.1. ESSAI THERMIQUE

Le requérant a réalisé un essai thermique sur un exemplaire d'emballage TN-MTR, équipé de l'un de ses paniers, de son couvercle et de son capot, placé en position verticale dans un caisson ISO 20 pieds modifié sans arrimage. L'essai, d'une durée de sept jours, s'est déroulé dans un hall d'atelier couvert, sans ensoleillement.

La puissance thermique des assemblages est représentée par des cartouches chauffantes placées dans les logements périphériques du panier. Comme demandé par l'ASN dans son courrier de 2016, la puissance thermique simulée lors de l'essai (proche de 5 kW) est supérieure à 2,5 kW.

La température des différents éléments du colis, ainsi que la puissance délivrée par les cartouches, ont été mesurées tout au long de l'essai.

La fin de l'essai thermique est conditionnée par l'atteinte d'un critère d'équilibre thermique qui a été défini conformément à la demande de l'ASN formulée dans son courrier de 2016 précité. **Ceci est satisfaisant.**

Des ajustements ont été nécessaires pour permettre le passage des câbles reliant les appareils de mesure aux appareils d'enregistrement (surélévation du couvercle et du capot, suppression des tapes d'orifice...). Afin de limiter l'influence de ces ajustements, le requérant a rempli les espaces libres par un isolant. Le requérant considère que les ajustements nécessaires au déroulement de l'essai thermique ne mettent pas en cause les résultats compte tenu des dispositions retenues pour en limiter l'influence. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Le requérant a présenté le déroulement de l'essai, notamment les aléas survenus (coupures d'électricité...). Il conclut que les aléas survenus n'ont pas eu d'influence sur les températures finales relevées sur la virole. **La fin de l'essai étant conditionnée par un critère indépendant de la durée totale de l'essai, l'IRSN estime que l'arrêt de la puissance lié à la coupure d'électricité ne remet pas en cause les températures atteintes par le colis.**

2.2. RECALAGE NUMÉRIQUE DE L'ESSAI THERMIQUE

Le requérant a recalé son modèle numérique à partir des résultats de l'essai, notamment pour ce qui concerne les coefficients d'échange convectif. Le modèle permet ainsi de réaliser d'autres calculs dont les conditions aux limites diffèrent de celles de l'essai.

Le modèle du requérant représente l'emballage muni de son capot, d'un panier et de ses tourillons, en position verticale, centré et orienté selon la configuration de transport, placé à l'intérieur du caisson de transport. La puissance thermique représentative du contenu est appliquée uniformément sur les chemises des logements périphériques, conformément à la configuration de l'essai. **Ceci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.**

Les conditions aux limites appliquées au modèle sont conformes à l'essai. Les échanges convectifs internes au caisson sont calculés par le code de calcul. Les échanges entre le caisson et l'air ambiant sont modélisés par des coefficients d'échanges convectifs issus de corrélations de la littérature. De plus, lors de l'essai, le passage de l'air à travers les persiennes grillagées entraîne, par transformation de l'énergie mécanique, un dégagement de chaleur appelé « pertes de charge ». Ce phénomène est quantifié, dans le modèle, par un coefficient de perte de charge qui est calculé à partir de la géométrie des persiennes et des grilles.

Les écarts entre les températures obtenues à l'issue du calcul de recalage et celles obtenues lors de l'essai sont faibles au regard des incertitudes de calcul. Aussi, l'IRSN estime que le recalage du modèle numérique sur l'essai thermique effectué par le requérant est satisfaisant.

3. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT CONFINÉ

Le requérant utilise le modèle numérique recalé pour estimer les températures atteintes par le colis en conditions de transport confiné. Il calcule en particulier les températures maximales de la résine, de la virole de la cavité et des joints internes du couvercle et des tapes afin de vérifier que ces dernières ne sont pas supérieures aux températures maximales atteintes en conditions normales de transport évaluées dans le dossier de sûreté transmis à l'appui de la dernière demande de prorogation, qui a fait l'objet d'un avis de l'IRSN en 2021.

3.1. CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions aux limites introduites dans le modèle sont représentatives des conditions normales de transport définies par la réglementation citée en seconde référence. Ainsi, la température ambiante est égale à 38 °C, l'ensoleillement est appliqué sur la surface externe du caisson de transport et, de manière pénalisante, 24 h/24. Le requérant a considéré une puissance thermique chargée dans le colis de 4 600 W.

De la même manière que lors du recalage, les échanges convectifs internes au caisson sont évalués par le code de calcul. Les échanges convectifs entre le caisson et l'air ambiant sont modélisés par des coefficients issus des mêmes corrélations que celles utilisées pour le recalage. Les échanges radiatifs entre les surfaces externes du colis et les surfaces internes du caisson sont directement évalués par le code. Le coefficient de perte de charge associé aux persiennes grillagées dans la géométrie retenue dans l'essai est identique à celui du modèle recalé. Par ailleurs, le requérant a calculé les caractéristiques géométriques minimales de la persienne garantissant que la modélisation des phénomènes thermiques à l'œuvre dans le caisson est représentative de l'essai. **La démarche de calcul du requérant n'appelle pas de commentaire. L'IRSN estime que les caractéristiques minimales d'ouverture de persienne devraient figurer dans l'autorisation de transport.**

3.2. TEMPÉRATURES ATTEINTES EN TRANSPORT CONFINÉ

Les températures évaluées pour le colis en transport confiné ne dépassent pas celles obtenues pour un colis en conditions normales de transport, dans le dossier de sûreté précité. Le requérant conclut que le transport du colis confiné dans le caisson ne remet pas en cause les analyses présentées dans son dossier de sûreté. Il note également que la température des surfaces accessibles du caisson de transport ne dépasse pas la température réglementairement admissible pour les transports de colis sous utilisation exclusive, égale à 85 °C. **Ces résultats n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Toutefois, les particularités géométriques du modèle et les conditions aux limites appliquées dans les calculs, telles que la puissance maximale transportée dans le colis et les caractéristiques géométriques minimales des persiennes, conditionnent les températures maximales atteintes en transport confiné. Aussi, l'IRSN estime que ces points devraient être mentionnés dans l'autorisation de transport. Ceci fait l'objet de l'annexe au présent avis.

4. CONCLUSION

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté transmises par la société Orano NPS, l'IRSN estime que le transport du modèle de colis TN-MTR, chargé d'un contenu dont la puissance thermique maximale est égale à 4 600 W, dans un caisson ISO 20 pieds modifié, n'est pas de nature à remettre en cause le niveau de sûreté du colis.

Par ailleurs, l'IRSN considère que certaines caractéristiques du caisson ISO 20 pieds modifié, retenues dans les démonstrations de sûreté, listées en annexe du présent avis, devraient être spécifiées dans l'autorisation de transport.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Florence GAUTHIER

Cheffe du service de sûreté des transports et du cycle du combustible

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2021-00044 DU 23 MARS 2021

Points à préciser dans l'autorisation de transport

1. Caractéristiques du caisson ISO 20 pieds modifié

Intégrer le schéma de principe du caisson ISO 20 pieds modifié

Préciser les dimensions et les propriétés thermiques des parois du caisson ISO 20 pieds modifié retenues dans la modélisation transmise à l'appui de la demande d'autorisation de transport

Préciser les caractéristiques géométriques des grilles et les dimensions minimales des persiennes du caisson ISO 20 pieds modifié retenues dans la demande d'autorisation de transport

2. Contrôle avant expédition

Indiquer qu'une vérification de l'état de propreté du caisson et de la non-obturation des orifices d'aération doit être effectuée avant chaque expédition.

3. Modalités de transport

Indiquer que la puissance thermique maximale du contenu chargé dans la cavité de chaque emballage TN-MTR est égale à 4 600 W.