



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay aux Roses, le 29 juin 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00099

Objet : Transport - Modèle de colis AGNES
État d'avancement des études relatives au comportement thermique du modèle de colis

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-014052 du 8 décembre 2022.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2012.

Par la lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'état d'avancement des études relatives au comportement thermique du modèle de colis AGNES, en particulier en conditions accidentelles de transport (CAT) à l'issue de la post-combustion du bois des capots, tel que décrit dans le dossier de sûreté présenté par la société Getinge - La Calhène dénommée ci-après « le requérant ».

Le modèle de colis AGNES est actuellement utilisé pour le transport par voie routière de cibles irradiées composées d'oxydes d'uranium. Ce modèle de colis fait actuellement l'objet d'un certificat d'agrément de type B(U) dont la validité arrive à échéance le 31 mars 2025.

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

1. CONTEXTE

En tant que modèle de colis de type B(U), le modèle de colis AGNES doit notamment subir en CAT des épreuves de chutes (chute libre et chute sur poinçon), suivies d'une épreuve d'incendie réglementaire. Les essais de feu réglementaire réalisés sur un prototype du modèle de colis AGNES en 1997 ont montré qu'une combustion du capot est apparue après la fin de l'incendie et les résultats des calculs de chutes libres mécaniques en CAT avaient fait état de ruptures de tôle au niveau des capots amortisseurs.

Le phénomène de combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve d'incendie conduit à augmenter la température des joints de confinement de l'emballage, jusqu'à atteindre potentiellement leur température limite d'utilisation. De plus, compte tenu de la masse importante de bois (supérieure à une tonne) des capots du modèle de colis AGNES et de l'apport énergétique qu'induirait la poursuite de leur combustion, il est apparu nécessaire que le requérant s'assure que cette combustion n'est pas de nature à mettre en cause la tenue des joints en EPDM (éthylène-propylène-diène monomère) du modèle de colis AGNES. La température des joints obtenue en CAT, ainsi que leur tenue, sont des données d'entrée permettant d'évaluer l'éventuelle extrusion des joints, ainsi que le relâchement d'activité en CAT du modèle de colis.

MEMBRE DE
ETSON

Dans ce contexte, après avoir pris note de l'engagement du requérant visant à démontrer qu'une poursuite de la combustion du bois des capots après la fin de l'épreuve de feu n'est pas de nature à mettre en cause la tenue des joints de l'emballage en température, l'ASN a délivré le certificat d'agrément à l'issue de la dernière demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis AGNES. Les éléments transmis par le requérant, qui font l'objet du présent avis, visent à répondre à l'engagement précité.

2. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

L'emballage est constitué d'un corps cylindrique, dont les extrémités supérieure et inférieure sont munies d'un capot amortisseur. Les deux capots amortisseurs sont constitués d'une enveloppe en acier équipée de bouchons fusibles, de blocs de bois, d'une tôle anti-poinçonnement en acier, d'une protection thermique en plâtre et de plaques de calage en silicone. Ils sont reliés par une virole perforée soudée au capot supérieur et vissée au capot inférieur. Le corps cylindrique est constitué, de l'intérieur vers l'extérieur, d'un fourreau entourant une nacelle étanche renfermant les contenus à transporter, d'une protection radiologique en plomb, d'une virole en acier inoxydable, d'un isolant thermique en plâtre et d'une virole extérieure en acier inoxydable. Le corps est fermé en parties supérieure et inférieure par des couvercles en acier inoxydable, appelés respectivement « bride de sécurité avant » et « bride de sécurité arrière », chacune d'entre elles étant équipée de deux joints toriques concentriques en EPDM permettant d'assurer l'étanchéité du modèle de colis AGNES.

La nacelle précitée est constituée de trois logements, dans lesquels sont placés les contenus à transporter, et d'un bouchon en plomb et en tungstène. Le contenu n° 1 est constitué de trois cibles hautement enrichies en uranium 235, dites HEU, sous la forme de cylindres creux. Les contenus n° 2 et n° 3 sont constitués de trois cibles faiblement enrichies en uranium 235, dites LEU, sous la forme de plaques rectangulaires. Les contenus sont considérés « fissiles exceptés » au sens de la réglementation citée en seconde référence. L'étanchéité de la nacelle est assurée par des dispositifs équipés de joints.

3. COMPORTEMENT THERMIQUE DU MODELE DE COLIS EN CAT

La démonstration du requérant, relative au comportement thermique du modèle de colis AGNES, consiste à justifier que les joints d'étanchéité des brides de sécurité avant et arrière de l'emballage restent intègres (absence d'atteinte de leur limite d'utilisation en température à l'issue de la post-combustion du bois des capots). À cet égard, il a retenu une démarche en trois étapes :

- un recalage d'un modèle numérique thermique à partir des résultats de l'essai de feu réalisé en 1997 sur un prototype du modèle de colis AGNES ;
- une détermination, à partir d'un autre modèle numérique thermique, des températures obtenues en conditions normales de transport (CNT) ;
- une détermination des températures obtenues en CAT au niveau des brides avant et arrière à partir du modèle numérique thermique utilisé en CNT.

3.1. RECALAGE D'UN MODELE NUMERIQUE

L'objectif du recalage est de vérifier que le modèle numérique thermique permet de reproduire les températures obtenues lors de l'essai de feu de 1997 au niveau des brides de sécurité avant et arrière. Pour se mettre dans les conditions de l'essai, le requérant tient compte, dans son modèle numérique, des dommages enregistrés à l'issue d'une chute représentative des CNT et d'une chute accidentelle considérée à 90° au droit de la virole perforée, d'une puissance thermique du contenu nulle et d'une température ambiante de 35 °C. Il ne modélise cependant pas la virole perforée. Lors de l'essai, des thermocouples ont été utilisés pour enregistrer les températures sur la surface externe de l'emballage et des dispositifs thermosensibles irréversibles ont enregistré les températures maximales obtenues au niveau des brides avant et arrière. Le requérant a effectué le recalage en imposant numériquement des zones de températures sur les surfaces externes de l'emballage, en cohérence avec les profils de températures relevés lors de l'essai de feu de 1997 (températures enregistrées pendant 40 minutes,

30 minutes d'essai de feu et 10 minutes de refroidissement). En outre, le requérant a réalisé un post-traitement des courbes issues de cet essai de feu pour extrapoler les températures de la surface externe de l'emballage sur une durée de refroidissement plus longue que 40 minutes afin d'arriver à une température d'équilibre. Les valeurs de températures des brides obtenues par simulation étant proches de celles relevées lors de l'essai, le requérant conclut que le recalage du modèle numérique thermique est satisfaisant.

L'IRSN souligne que la simulation est effectuée sans la virole perforée. Or, lors de l'incendie et lors du refroidissement à l'issue de l'incendie, la virole joue un rôle dans la circulation de l'air située entre la virole perforée et le corps cylindrique de l'emballage. Certains phénomènes physiques ne sont donc pas représentés lors de ce recalage, alors que l'objectif même de ce dernier est de les valider.

En outre, le requérant a retenu dans sa simulation les températures externes de l'emballage, et non pas les températures de flammes de l'incendie. À cet égard, l'IRSN relève que le requérant a dû déterminer par itérations l'étendue des zones sur lesquelles les températures sont imposées afin d'obtenir, au niveau des brides avant et arrière, des températures proches de celles mesurées lors de l'essai feu de 1997. **Aussi, plusieurs zones de la surface externe de l'emballage ont été considérées adiabatiques, ce qui n'est pas représentatif des phénomènes physiques rencontrés lors de l'incendie.** En outre, les zones *in fine* imposées ne sont plus cohérentes avec les niveaux de températures atteints sur la surface externe de l'emballage.

Enfin, l'IRSN considère que l'utilisation de données provenant de dispositifs thermosensibles irréversibles ne permet pas de connaître l'instant où la température maximale a été obtenue. Aussi, le requérant a potentiellement pu comparer deux valeurs pouvant être obtenues à des moments différents dans la mesure où l'essai de feu a fait apparaître une combustion du bois des capots.

En tout état de cause, compte tenu des points précités, l'IRSN estime que, pour le modèle de colis AGNES, le recalage du modèle numérique thermique mené par le requérant n'est pas satisfaisant. Ainsi, la validation du modèle numérique thermique développé par le requérant n'est pas acquise. L'IRSN rappelle à cet égard que les préconisations du guide n° 28 de l'ASN, relatif à la qualification des outils de calcul scientifique, indiquent notamment que, en cas de lacune d'une validation d'un outil de calcul, une évaluation des incertitudes associées aux résultats donnés par l'outil est à réaliser ou une évaluation d'une pénalité à appliquer sur les résultats de calcul est à retenir pour couvrir ces lacunes.

3.2. ETUDE THERMIQUE EN CNT ET CAT

Le requérant a révisé l'étude thermique en CNT du modèle de colis AGNES en prenant en compte comme hypothèses les conditions ambiantes réglementaires, une puissance interne assimilée aux cibles LEU, une décroissance de la puissance interne en fonction du temps et 10 cycles de 24 heures alternant les phases de jour et de nuit. Il a également modélisé la virole perforée par une virole pleine dont la résistance thermique est équivalente à celle de la virole perforée fabriquée.

Pour l'étude en CAT, le requérant utilise une modélisation similaire à celle retenue en CNT dans laquelle il impose les températures sur les surfaces externes de l'emballage suivant un découpage similaire à celui obtenu lors de son recalage numérique. La puissance interne considérée correspond à la puissance atteinte, en tenant compte de la décroissance des cibles LEU, à l'issue des CNT. Les températures maximales obtenues par le requérant au niveau des brides avant et arrière de l'emballage, en considérant l'élévation forfaitaire de 50 °C usuellement retenue pour tenir compte du phénomène de post-combustion du bois des capots, sont inférieures à la température maximale d'utilisation des joints. Il conclut ainsi que la tenue des joints de confinement en EPDM du modèle de colis AGNES en CAT n'est pas mise en cause.

Pour rappel, le certificat d'agrément en vigueur autorise le chargement des cibles LEU et HEU dans le modèle de colis AGNES. L'IRSN considère donc que le fait de ne pas avoir retenu dans son étude thermique les cibles HEU, dont la puissance thermique est plus élevée, dans la démonstration de sûreté n'est pas pénalisant.

En outre, compte tenu que le recalage du modèle numérique thermique mené par le requérant n'est pas satisfaisant (cf. paragraphe 3.1 du présent avis), l'IRSN estime qu'une étude qui serait réalisée à partir de la même modélisation, mais en tenant compte des hypothèses réglementaires, ne serait également pas pertinente.

Par ailleurs, les températures relevées lors des essais de 1997 ne permettent également pas de démontrer la tenue des joints en CAT en prenant en compte le phénomène de post-combustion. En effet, l'essai de feu de 1997 a été réalisé sans prendre en compte la puissance interne du contenu à transporter.

En conclusion, compte tenu des points précités, l'IRSN considère que l'absence d'atteinte de la température maximale d'utilisation des joints en EPDM du modèle de colis AGNES en CAT n'est pas démontrée.

Au regard de ces éléments, le requérant a présenté en fin d'expertise différentes solutions, qu'il a l'intention de mettre en œuvre, visant à disposer d'une plage de température d'utilisation des joints plus large. En effet, il envisage soit de remplacer les joints actuels par des joints résistant à une température plus élevée, soit de qualifier les joints actuels à une température qui dépasse la température maximale garantie actuellement par le fournisseur. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN sur le principe.**

4. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des informations transmises par la société Getinge - La Calhène au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les éléments relatifs à la prise en compte de la post-combustion du bois des capots ne sont pas suffisants pour démontrer l'absence d'atteinte de la température maximale d'utilisation des joints en EPDM du modèle de colis AGNES.

Toutefois, en fin d'expertise, le requérant a présenté différentes solutions qu'il envisage de mettre en œuvre, notamment le remplacement des joints actuels par des joints ayant une température maximale d'utilisation supérieure.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté