

Fontenay-aux-Roses, le 9 septembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00297

Objet : Transport - Autorisation de transport en caisson CBTO11 - Emballage MX6 chargé d'assemblages de types MOX REP 15x15 ou 17x17

Réf.

1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2016-0150135 du 26 avril 2016**
2. Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - édition 2012

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 d'autorisation de transport présentée par la société AREVA TN pour l'emballage MX6.

Cette demande concerne le transport confiné, dans un caisson de type CBTO11, du modèle de colis MX6 chargé d'assemblages combustibles non irradiés, à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX), destinés aux réacteurs à eau sous pression du parc électronucléaire français. Les contenus visés par la présente demande d'autorisation de transport sont les contenus n°5 et n°6 tels que définis dans le certificat d'agrément en vigueur F/380/B(U)F-96 (Cm) délivré par l'ASN.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en deuxième référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

Caractéristiques thermiques des assemblages combustibles chargés dans le modèle de colis MX6 transporté sous caisson

Les caractéristiques thermiques maximales des assemblages combustibles concernés par cette demande d'autorisation de transport sont présentés en annexe 1 du présent avis. Celles-ci sont identiques à celles retenues dans les démonstrations de sûreté transmises en appui de la précédente demande d'agrément du modèle de colis MX6 qui a conduit à la délivrance du certificat d'agrément précité pour le transport des contenus n°5 et n°6.

Adresse courrier

BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social

31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Description du caisson

Le caisson CBTO11, objet de cette demande, sera utilisé pour le transport par voie routière du modèle de colis MX6 chargé des contenus n°5 et n°6. Le requérant n'a pas apporté de modification au concept de caisson dans le cadre de cette demande. Les caractéristiques géométriques et thermiques de ce dernier sont donc similaires à celles expertisées par l'IRSN dans le cadre des précédentes demandes d'autorisation de transport.

A cet égard, il convient de rappeler que le caisson CBTO11 intègre un système de ventilation par convection naturelle qui est composé d'ouïes de ventilation inférieures et supérieures respectivement aménagées dans le plancher et le toit.

Le flux d'air ambiant pénètre par les ouïes de ventilation inférieures, jusqu'à la grille du canal central du plancher, débouche dans l'enceinte du caisson sous le colis, circule de part et d'autre du colis, puis est évacué vers l'extérieur au travers des ouïes de ventilation supérieures.

Comportement thermique du modèle de colis MX6 transporté sous caisson

Dans le cadre de la présente demande d'autorisation de transport du modèle de colis MX6 sous caisson, le requérant a transmis des démonstrations afin de justifier que les températures du colis confiné ne sont pas supérieures à celles déterminées dans les conditions d'ambiance thermiques en milieu libre simulant les conditions normales de transport.

Le requérant démontre ainsi, par calculs numériques, que les dispositifs de ventilation par convection naturelle et les caractéristiques du caisson CBTO11, ne sont pas de nature à engendrer des températures sur la surface externe de la virole de l'emballage en partie courante chargé du contenu n°5 et n°6 respectivement supérieure à 98°C et 91°C. En outre, la présence du caisson ne doit pas engendrer de température maximale du panier chargé des contenus n°5 et n°6, supérieure à respectivement 146°C et 135°C.

Ces valeurs avaient été déterminées et retenues dans les démonstrations de sûreté transmises en appui de la précédente demande d'agrément du modèle de colis.

Par ailleurs, pour ces deux configurations de chargement du modèle de colis MX6 (contenus n°5 et n°6), la température de toutes les surfaces accessibles du caisson pendant le transport, ne doit pas dépasser 85°C conformément aux exigences de la réglementation citée en deuxième référence pour un transport sous utilisation exclusive.

Les hypothèses retenues dans les calculs du requérant sont discutées ci-après.

Hypothèses retenues et modélisation des échanges thermiques

Le requérant a évalué par calculs numériques le comportement thermique du colis en considérant les étapes suivantes :

- Etape 1 : une modélisation en 2D de la section la plus chaude du colis chargé des contenus précités a été réalisée en considérant les conditions d'ambiance thermique simulant les conditions normales de transport. Cette étape préliminaire permet de recalibrer le modèle numérique en milieu libre sur la base des températures du colis telles que déterminées dans le dossier de sûreté transmis en appui de la précédente demande d'agrément du colis ;

- Etape 2 : une modélisation en 2D du comportement thermique du modèle de colis sous caisson. Dans ce cadre, les coefficients d'échanges convectifs appliqués sur les surfaces externes du colis ont été déterminés à partir des résultats d'un essai thermique réalisé sous un caisson CBTO11 à l'échelle 1. En particulier, un coefficient de recalage permettant de reproduire les échanges convectifs réels, observés lors de cet essai, sur la paroi de l'emballage, égal à 1,64, a été déterminé et pris en compte dans les calculs.

La première étape présentée ci-avant permet de déterminer la dissipation thermique axiale du colis et de prendre en compte dans le modèle numérique en 2D une puissance thermique linéique des contenus conservative.

Les calculs sous caisson (étape 2) ont quant à eux été réalisés en considérant une température ambiante de 38°C et les conditions réglementaires d'ensoleillement appliquées sur les parois externes du caisson 24 heures sur 24, ce qui est pénalisant.

Les échanges thermiques par rayonnement, d'une part entre les surfaces externe du colis et les parois du caisson, d'autre entre le caisson et le milieu ambiant ont été pris en compte. En outre, le requérant a considéré les échanges convectifs dans l'enceinte du caisson chargé du modèle de colis MX6 ainsi que ceux sur les surfaces externes du caisson.

Ces calculs ont été effectués en considérant les pertes de charges induites par la présence des grilles qui assurent la circulation de l'air au sein du caisson. Ces coefficients de perte de charge ont été déterminés analytiquement en considérant les dimensions des grilles et des tôles perforées. À cet égard, l'IRSN estime que les caractéristiques des grilles et des tôles perforées, retenues par le requérant dans son étude, devraient être spécifiées dans l'autorisation de transport. En effet, des dimensions différentes des systèmes d'aération qui équipent le caisson CBTO11 pourraient remettre en cause la dissipation thermique du colis et engendrer des températures du colis supérieures à celles déterminées par le requérant.

Par ailleurs, l'IRSN relève que le requérant a considéré, dans son évaluation analytique du coefficient d'échange convectif au voisinage du toit, un écoulement d'air de type turbulent, ce qui tend à maximiser le refroidissement du caisson. Toutefois, au regard des températures mises en jeu et des dimensions du toit du caisson, il apparait qu'un régime d'écoulement d'air de type laminaire devrait être considéré. À cet égard, le requérant a indiqué au cours de l'instruction qu'un écoulement de type laminaire avait bien été considéré dans les calculs et qu'il s'agissait d'une erreur dans la note technique qui a été transmise dans le cadre de cette demande. **Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait réviser, pour la prochaine demande d'autorisation de transport, son étude afin de corriger cette erreur. Ceci fait l'objet de l'observation n°1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

Résultats

Au regard des résultats obtenus, le requérant en conclut que les températures du modèle de colis MX6, chargé des contenus n°5 et n°6, lui-même transporté sous caisson de type CBTO11, sont inférieures à celles déterminées dans le dossier de sûreté transmis en appui de la précédente demande d'agrément du colis.

Les températures maximales de la surface externe de la virole du colis, du panier et du caisson sont inférieures aux critères précités.

Les marges calculées sont d'environ 2 % au niveau de la surface externe du caisson, de 0,25 % au niveau du panier et d'environ 8 % au niveau du caisson.

Au regard des résultats obtenus, le requérant indique que le transport, sous caisson CBTO11, du modèle de colis MX6 chargé d'assemblages MOX de types REP 15X15 ou 17x17, dont les caractéristiques sont conformes à celles rappelées en annexe 1, ne remet pas en cause les démonstrations de sûreté présentées dans le cadre de la précédente demande d'agrément du colis.

Conclusions

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société AREVA TN, l'IRSN considère que la justification du niveau de sûreté des transports du modèle de colis MX6 chargé du contenu n° 5 ou 6 en caisson de type CBTO11 est satisfaisante.

L'IRSN estime qu'il conviendra néanmoins de spécifier dans l'autorisation de transport, au regard des hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté, les éléments listés en annexe 3.

Le requérant devrait, pour améliorer ses démonstrations, tenir compte de l'observation présentée en annexe 2 du présent avis dans le cadre de sa prochaine demande d'autorisation de transport.

Pour le Directeur général et par délégation,
Marie-Thérèse LIZOT,
Chef du Service de sûreté des transports
et des installations du cycle du combustible

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00297 du 9 septembre 2016

**Caractéristiques thermiques des assemblages combustibles chargés dans le modèle de colis MX6
 transporté sous caisson**

N° de contenu	5	6		
Type d'assemblages	MOX REP 15x15	MOX REP 17x17	MOX REP 17x17	MOX REP 17x17
Nombre d'assemblages	6	6	5	4
Puissance thermique maximale par assemblage (W)	710	750	915	1 100
Puissance thermique linéique maximale par assemblage (W/m)	269,1	210,1	257	318,2

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00297 du 9 septembre 2016

Observation de l'IRSN

1 Modélisation

- 1.1 Réviser l'évaluation du comportement thermique du modèle de colis MX6 transporté sous caisson CBTO11 en tenant compte du coefficient d'échange convectif en régime laminaire, tel que réellement appliqué au niveau du toit du caisson dans les calculs réalisés.

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00297 du 9 septembre 2016

Conditions de transport confiné en caisson CBTO11

Les points suivants devraient être spécifiés dans l'autorisation de transport :

- les caractéristiques thermiques des contenus n°5 et n°6 (puissance thermique maximale par assemblage et puissance thermique linéique) sont conformes à celles spécifiées dans le certificat d'agrément du modèle de colis en vigueur ;
- le caisson est conforme au plan PLA-09-00142118 Rév.0 et respecte les caractéristiques thermiques suivantes :
 - conductivité minimale des parois latérales et du toit du caisson : 0,29 W/M/K,
 - émissivité minimale des surfaces peintes du caisson : 0,85,
 - absorptivité des surfaces extérieures du caisson : 0,3.
- les contrôles, d'une part de la conformité du caisson CBTO11 avec le plan PLA-09-00142118 Rév.0, d'autre part de la propreté des parois du caisson et de l'emballage ainsi que de la non-obturation des orifices d'aération du caisson sont réalisés avant chaque transport.