

Fontenay-aux-Roses, le 15 septembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00299

**Objet :** Transport - Autorisation de transport en cales de navire  
Emballage CASTOR HAW28M chargé de déchets vitrifiés

**Réf.** 1. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-014031  
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 en cale de navire présentée par la société AREVA TN pour l'emballage CASTOR HAW28M chargé de conteneurs standard de déchets vitrifiés de type CSD-V.

Cette demande concerne le transport, en cales de navire, du modèle de colis CASTOR HAW28M chargé d'un panier à sept logements dans lequel sont introduits 28 conteneurs standard de déchets vitrifiés de type CSD-V dont les caractéristiques sont conformes à celles spécifiées dans le certificat d'agrément du modèle de colis en vigueur.

Le transport de ce modèle de colis, dont la cavité sera inertée à l'hélium, s'effectuera entre l'usine de traitement de Sellafield Ltd. au Royaume-Uni et la Suisse via la France.

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

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.

### Description du colis

**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

L'emballage CASTOR HAW28M, de forme générale cylindrique, se compose d'un corps forgé, constitué d'une virole et d'un fond qui délimitent une cavité dans laquelle est chargé un panier à sept logements. Chaque logement du panier est destiné à accueillir un empilement de quatre conteneurs standard de déchets vitrifiés de type CSD-V.

La puissance thermique des conteneurs CSD-V par niveau du panier est limitée à 11,8 kW. Toutefois, la puissance thermique totale du contenu chargé dans la cavité de l'emballage ne doit pas excéder 45 kW, telle que spécifiée dans le certificat d'agrément en vigueur.

La surface externe de l'emballage est quant à elle équipée d'ailettes de refroidissement pour favoriser la dissipation thermique du contenu.

### Étude thermique

#### Description et hypothèses retenues

En appui de sa demande d'autorisation de transport, la société AREVA TN a transmis une étude du comportement thermique du colis en milieu confiné afin de démontrer que les configurations de chargement prévues dans les cales du navire ne sont pas de nature à engendrer des températures des composants des colis supérieures à celles déterminées en milieu libre et retenues dans les démonstrations de sûreté transmises dans le cadre de la précédente demande de prorogation d'agrément du modèle de colis.

Cette étude repose sur des calculs numériques par éléments finis réalisés en considérant un « modèle tranche » (modèle 2D) correspondant à la section du colis la plus chaude, située approximativement à mi-longueur du colis ; cette section est issue de la modélisation 3D du colis figurant dans le dossier de sûreté transmis en appui de la précédente demande de prorogation d'agrément. En outre, le modèle numérique en deux dimensions de la section la plus chaude du modèle de colis considérée dans cette étude est similaire à celui retenu dans le dossier de sûreté transmis en appui de la dernière demande de prorogation d'agrément du colis.

Le requérant a ainsi évalué les températures de cette section du colis en considérant les conditions d'échanges thermiques dans les cales du navire. Dans le cadre de la présente demande d'autorisation, les cales disposant normalement de quatre emplacements n'accueilleront qu'un seul colis tandis que celles disposant de six emplacements pourront en accueillir deux. Les colis seront arrimés dans des configurations précises en position horizontale dans les cales du navire, orientés perpendiculairement à l'axe longitudinal du bateau.

Le requérant considère dans son étude :

- un modèle tranche avec prise en compte de la puissance maximale admissible par niveau de 11,8 kW,
- trois configurations précises de transport,
- une température ambiante à l'intérieur des cales régulée à 25°C,
- des conditions d'ambiance thermique à l'extérieur des cales et d'ensoleillement des surfaces externes de ces dernières conformément aux exigences de la réglementation citée en deuxième référence. À cet égard, le requérant a appliqué, de manière pénalisante 24 heures sur 24, les valeurs de flux réglementaires d'ensoleillement sur les surfaces externes des cales.

L'étude du comportement thermique du colis en milieu confiné a été réalisée en tenant compte, d'une part des échanges convectifs autour du colis dans la cale ainsi que sur le toit de la cale, d'autre part des échanges radiatifs entre la surface externe du colis et les parois internes de la cale.

En outre, les colis étant en position horizontale, le requérant a pris en compte le déplacement radial vers le bas du panier et des conteneurs de déchets vitrifiés, ce qui est satisfaisant.

L'IRSN note que plusieurs hypothèses retenues par le requérant dans son étude sont conservatives. Toutefois, concernant la température ambiante à l'intérieur des cales régulée, à 25°C, cette hypothèse tend à limiter l'augmentation de la température des colis. À cet égard, le requérant a transmis en cours d'instruction une description du dispositif de régulation de la température mis en place permettant de garantir une température maximale de l'air dans les cales du navire à 25°C, telle que considérée dans les calculs. Le requérant précise que chaque cale est équipée de systèmes de refroidissement redondants. De plus, le requérant indique que le transport sera réalisé en présence d'un ingénieur « refroidissement » permettant de palier une éventuelle défaillance des différents systèmes de refroidissement. Le requérant précise enfin que la mesure de la température de l'air à l'intérieur des cales est réalisée à l'admission d'air du système de refroidissement. Cependant le requérant n'indique pas explicitement le nombre de capteurs de température présents dans chaque cale. Dans ces conditions, **l'IRSN estime que le maintien de la température à 25°C et son homogénéité sont assurés, toutefois, il conviendrait que le requérant garantisse, dans le cadre de la prochaine demande d'autorisation de transport en cale de navire, la redondance du capteur de température. Le requérant devrait également confirmer le report de la température mesurée en salle de pilotage ainsi que la présence d'une alarme associée à cette température.** Ceci fait l'objet des observations n°2.1 et 2.2 présentées en annexe 3.

Par ailleurs, l'IRSN estime que l'absorptivité thermique et l'émissivité des parois des cales telles que présentées en annexe 2, retenue dans les calculs, devraient être indiquées dans les spécifications des cales du navire qui sont présentées dans l'autorisation de transport.

En outre, l'IRSN relève que la protection thermique recouvrant notamment le toit des cales n'est pas prise en compte dans les calculs. Le requérant indique à cet égard que cette démarche est pénalisante ; la chaleur externe, résultant de la température ambiante égale à 38°C et des conditions d'ensoleillement du toit des cales, transmise dans la cavité de la cale est effectivement pénalisante. Toutefois, l'IRSN considère que la diffusion de la chaleur liée à l'échauffement de l'air dans les cales du navire au contact des colis pourrait être entravée par la présence de cette protection thermique sur le toit des cales. Il convient toutefois de noter que le requérant a considéré de manière pénalisante que les parois extérieures verticales des cales étaient adiabatiques, ce qui devrait couvrir l'incertitude précitée. **L'IRSN considère néanmoins que le requérant devrait justifier formellement le caractère pénalisant de l'absence de prise en compte de la protection thermique recouvrant les parois des cales dans ses calculs.** Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.1 présentée en annexe 3.

Enfin, concernant le coefficient de convection appliqué sur les surfaces externes des colis et les surfaces internes des cales du navire, l'IRSN note que les calculs ont été réalisés en retenant des coefficients simulant des échanges convectifs de type naturel, ce qui est pénalisant au regard du système de ventilation forcée de la cavité des cales destiné, comme indiqué ci-avant, à maintenir une température de l'air de 25°C. **L'IRSN estime toutefois que le requérant devrait justifier le conservatisme du coefficient de convection appliqué sur les surfaces externes des colis chargés dans les cales du navire.** Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.2 présentée en annexe 3 du présent avis.

## Résultats

Le requérant détermine ainsi la température maximale et moyenne de la surface des colis et les compare avec celles obtenues dans le cadre de l'étude du comportement thermique du colis en milieu libre dans les conditions d'ambiance réglementaire simulant les conditions normales de transport.

Il apparaît ainsi que la température maximale de la surface externe des colis confinés, atteinte au niveau de la génératrice supérieure de l'un des colis dans la configuration de chargement simultanée en cale de deux colis, est inférieure de 7 % à la température maximale de la virole telle que déterminée en conditions normales de transport et présentée dans le dossier de sûreté transmis en appui de la précédente demande de prorogation d'agrément du colis.

Le requérant conclut que le niveau de sûreté du transport, dans les cales du navire, du modèle de colis CASTOR HAW28M chargé au maximum de 28 conteneurs de déchets vitrifiés de type CSD-V, dont les caractéristiques sont conformes à celles spécifiées dans le certificat d'agrément du modèle de colis en vigueur, n'est pas remis en cause.

Les résultats présentés par le requérant n'appellent pas de commentaire de l'IRSN.

## Conclusions

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société AREVA TN, l'IRSN considère que le transport du modèle de colis CASTOR HAW28M chargé, sous hélium, de 28 conteneurs CSD-V dans un panier à sept logements en cales de navire, selon les configurations décrites dans la demande d'autorisation expertisée par l'IRSN, n'est pas de nature à remettre en cause le niveau de sûreté du colis sous réserve de spécifier dans l'autorisation de transport les éléments listés en annexes 1 et 2.

Cependant, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté dans le cadre de la prochaine demande d'autorisation de transport, le requérant devrait tenir compte des observations figurant en annexe 3.

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

**Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00299 du 15 septembre 2016**

**Conditions de transport confiné en cales de navire**

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

- la puissance thermique maximale du contenu chargé dans la cavité de l'emballage CASTOR HAW28M est égale à 11,8 kW par niveau de chargement et 45 kW au total dans la cavité ;
- les dimensions des cales sont conformes à celles présentées dans le dossier de demande d'autorisation ;
- la disposition des colis dans chaque cale est conforme à celle présentée dans le dossier de demande d'autorisation et aucun autre modèle de colis ne peut être arrimé en même temps dans la même cale ;
- les caractéristiques thermiques du revêtement des parois des cales sont conformes à celles mentionnées en annexe 2 ;
- le contrôle de la propreté des colis ainsi que des parois des cales est réalisé avant chaque transport.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00299 du 15 septembre 2016

Caractéristiques thermiques du revêtement des parois des cales

Parois	Émissivité
Toit	Surface extérieure : $\geq 0,78$ Surface intérieure : $\geq 0,25$
Parois latérales	$\geq 0,25$
Plancher	$\geq 0,85$
Ponton intermédiaire	$\geq 0,85$

Parois	Absorptivité
Panneau d'écotille	$\leq 0,75$
Hiloire d'écotille	$\leq 0,75$
Pont du bateau	$\leq 0,64$

Caractéristiques thermiques de la surface des colis

Caractéristique	Valeur
Émissivité	$\leq 0,95$
Absorptivité	$\leq 0,4$

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00299 du 15 septembre 2016

Observations de l'IRSN

1 Modélisation

- 1.1 Justifier le caractère pénalisant de l'absence de prise en compte de la protection thermique recouvrant le toit et les parois des cales dans les calculs.
- 1.2 Justifier le conservatisme du coefficient de convection appliqué sur les surfaces externes des colis chargés dans les cales du navire au regard des échanges convectifs induits par le système de ventilation forcée.

2 Contrôle de la température des cales

- 2.1 Indiquer le nombre de capteur de température par cale et préciser comment est garantie la redondance du capteur en cas de défaillance.
- 2.2 Confirmer le report de la température mesurée en salle de pilotage ainsi que la présence d'une alarme associée à cette température.