

Fontenay-aux-Roses, le 10 mai 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-0151

**Objet :** Transport - Programme d'essais thermiques en caisson CB10 - Emballage FS47

- Réf.**
1. Lettre ASN CODEP-DTS-2106-013955 du 5 avril 2016
  2. Lettre ASN CODEP-DTS-2015-043938 du 17 novembre 2015
  3. Règlement de transport de l'AIEA N°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 le programme d'essais, présenté par la société AREVA TN, qui vise à caractériser le comportement thermique des emballages FS47 chargés dans le nouveau caisson de type CB10.

### Contexte

Cette demande concerne le nouveau caisson CB10 destiné au renouvellement des caissons CB7 qui sont actuellement utilisés pour le transport simultané de dix emballages FS47 respectivement chargés de contenus dont la puissance thermique maximale est égale à 310 W. Ces transports sont réalisés entre les usines AREVA MELOX et AREVA La Hague. Le transport des emballages FS47 confinés dans un caisson CB7 est actuellement réalisé sous couvert de l'autorisation délivrée par l'ASN citée en deuxième référence.

Les essais thermiques que le requérant propose de réaliser ont pour objectif de déterminer les coefficients d'échanges thermiques entre les colis et les parois du caisson CB10. Ces derniers seront par la suite utilisés comme hypothèses dans les calculs numériques qui seront effectués pour évaluer le comportement thermique du modèle de colis FS47 transporté dans le caisson de type CB10.

Dans ce cadre, la société AREVA TN a présenté les conditions de réalisation des essais thermiques qui se dérouleront au mois de juin. Le programme d'essais présenté par le requérant a été expertisé par l'IRSN par rapport au règlement cité en quatrième référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

#### 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 CB10

Le nouveau caisson CB10 est un conteneur de forme parallélépipédique aménagé pour recevoir un râtelier à dix logements (deux rangées de cinq logements). Il se distingue du caisson CB7 par la présence, en parties inférieure et supérieure des parois latérales, d'ouvertures destinées à permettre la circulation naturelle de l'air dans l'enceinte interne du caisson pour améliorer le refroidissement des colis.

L'accès aux ouvertures latérales du caisson est protégé par des grillages métalliques. Derrière le grillage inférieur sont disposées des ailettes, suivies de tunnels d'aération transversaux afin de canaliser le flux d'air entrant jusqu'au centre du plancher du caisson où il débouche dans la cavité interne du caisson via une tôle ajourée.

Par la suite, l'air, dont la température augmente en circulant autour des colis, est évacué via le système d'aération situé au niveau du toit du caisson. Ce système, similaire à celui du plancher, est constitué d'une grille d'extraction, de tunnels d'aération transversaux et d'un réseau d'ailettes, destinés à évacuer l'air chaud vers l'extérieur du caisson.

L'IRSN estime que le requérant devrait compléter la description du caisson afin de spécifier les caractéristiques suivantes :

- les dimensions internes utiles du caisson ;
- la présence de grillages sur toute la longueur des ouvertures latérales inférieure et supérieure du caisson ;
- la présence d'ailettes sur toute la longueur des ouvertures latérales du toit du caisson.

Ceci fait l'objet de la recommandation 1 en annexe 1 du présent avis. Le requérant a donné son accord pour préciser ces points dans le cadre de la demande d'autorisation de transport des colis FS47 dans un caisson de type CB10.

Par ailleurs, les parois du caisson ne sont pas représentées sur le plan de concept transmis par le requérant, car celles-ci constituent des informations sensibles pour la protection physique des matières nucléaires. À cet égard, le requérant a indiqué qu'à l'instar du caisson CB7, les surfaces externes des parois du caisson CB10 étaient crantées afin d'améliorer les échanges thermiques entre le caisson et l'air ambiant. L'IRSN considère que l'emplacement et les dimensions de ces crantages, dont dépendent les performances thermiques du caisson, notamment en termes d'échanges convectifs, devraient être définis précisément. De plus, le requérant devrait préciser la présence éventuelle de peinture sur les surfaces internes et externes du caisson et, le cas échéant, leurs valeurs d'émissivité et d'absorptivité thermiques. Ces informations permettront notamment de garantir le réalisme des échanges thermiques observés lors des essais et de limiter les incertitudes lors du recalage du modèle numérique qui sera utilisé par la suite. Ces points font l'objet de la recommandation 1 en annexe 1 du présent avis. Le requérant a donné son accord pour préciser ces éléments dans le cadre de la demande d'autorisation de transport des colis FS47 dans un caisson de type CB10.

Le plancher du caisson est équipé de tôles en forme de « U inversé » et de rails sur lesquels repose le râtelier. Ce dernier étant surélevé par rapport au plancher du caisson, des chemins de circulation de l'air supplémentaires sont présents en-dessous du râtelier. L'IRSN estime que ces tôles et les rails pourraient entraver les écoulements de l'air qui entre dans la cavité du caisson par la tôle ajourée du plancher et passe en-dessous du râtelier avant de remonter et être évacué par le toit. Aussi, l'IRSN considère que les caractéristiques des tôles et des rails (hauteur des tôles en forme de « U inversé » et des rails, présence d'évidements sur les tôles et les rails...) devraient être définies précisément. A cet égard, le requérant indique que ces tôles et les rails ne modifient pas de façon notable les écoulements de l'air du fait que ces derniers sont positionnés aux extrémités latérales du caisson, en dehors de la zone délimitée par le râtelier. En effet, selon la société AREVA TN, l'évacuation de l'air qui circule, en-dessous du râtelier, se fait principalement par les ouvertures transversales aménagées dans le plancher du râtelier. L'IRSN estime toutefois que les caractéristiques des tôles et des rails devraient faire partie de la définition du caisson dans la mesure où elles déterminent la distance entre le plancher du caisson et le plancher du râtelier. Ce point fait l'objet de la recommandation 1 en annexe 1 du présent avis.

#### **Représentativité des spécimens d'essais**

Pour la réalisation des essais, le requérant indique que des emballages FS47, issus du parc d'exploitation, seront positionnés dans un râtelier, lui-même chargé dans un caisson CB10. Le caisson sera, quant à lui, placé sur une remorque afin de reproduire la configuration réelle de transport.

Les essais seront réalisés à l'intérieur d'un local fermé.

Les essais seront effectués avec le premier exemplaire de caisson CB10 fabriqué. L'IRSN n'a pas de commentaire quant à la représentativité de cet exemplaire, sous réserve de garantir que ce dernier est conforme à la définition du caisson qui devrait être complétée en tenant compte des points identifiés auparavant.

Le requérant indique qu'il existe deux générations de râteliers. Cependant, un râtelier de la première génération, qui, selon le requérant, tend à diminuer les écoulements d'air autour des colis, et donc à maximiser leurs températures, sera utilisé pour la réalisation des essais. En effet, les râteliers de la première génération sont susceptibles d'entraver davantage la circulation de l'air autour des colis, du fait notamment de la présence d'un longeron situé en vis-à-vis de la tôle ajourée du plancher du caisson. L'IRSN estime toutefois que le requérant devrait justifier le conservatisme du râtelier retenu pour les essais au regard des différents types de râteliers existants, en comparant notamment les caractéristiques des composants du râtelier susceptibles de modifier la circulation de l'air autour des colis. En particulier, l'IRSN estime que le requérant devrait, dans ses justifications, comparer les dimensions des structures tubulaires constituant les râteliers des deux générations existantes, qui pourraient modifier les écoulements de l'air autour des emballages. Ce point fait l'objet de la recommandation 2.1 en annexe 1 du présent avis.

La position du râtelier au sein du caisson influe également sur les écoulements de l'air autour des colis. La longueur interne utile du caisson étant bien supérieure à la longueur du râtelier, il existe plusieurs possibilités de positionnement du râtelier dans la cavité du caisson conduisant à des distances plus ou moins importantes entre les extrémités du râtelier et les parois avant et arrière du caisson. En outre, la longueur des tôles ajourées du plancher et du toit du caisson, qui permettent respectivement l'entrée de l'air frais et l'évacuation de l'air chaud, est inférieure à la longueur interne utile du caisson. À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le conservatisme de la position des emballages à l'intérieur du caisson utilisé lors des essais, au regard de la configuration de chargement réelle des emballages dans le caisson. Ce point fait l'objet de la recommandation 2.2 de l'annexe 1 du présent avis.

#### Représentativité des emballages

Comme indiqué ci-avant, les essais seront réalisés avec des emballages FS47 issus du parc. Certains composants seront néanmoins retirés ou modifiés pour mettre en place l'instrumentation des emballages. À cet égard, le requérant indique que le capuchon de raccord rapide, le raccord Staubli et la protection neutronique axiale seront remplacés par un matériau isolant de hauteur équivalente à celle des composants retirés. Le capot sera décentré, au maximum de 3 mm, et des cales de 5 mm de hauteur seront positionnées au niveau de la bride supérieure du corps pour le passage des câbles. L'IRSN estime que ces modifications ne sont pas de nature à modifier le comportement thermique des colis.

Afin de simuler la puissance thermique des contenus, des cannes chauffantes, d'une hauteur de 1,2 m, seront placées au centre de la cavité des colis, dans un fourreau en aluminium. Le requérant indique que l'utilisation d'un fourreau en aluminium permet de maximiser la dissipation de la puissance thermique des éléments chauffants vers l'extérieur de l'emballage, ce qui est acceptable. La puissance thermique maximale retenue pour les essais (310 W) est égale à celle qui est actuellement autorisée pour le transport confiné des colis en caisson CB7 telle que spécifiée dans la lettre citée en deuxième référence. La hauteur des cannes chauffantes est égale à la hauteur totale des boîtes de conditionnement primaire utilisées pour le chargement des contenus d'une puissance thermique égale à 310 W. Aussi, l'IRSN estime que le chargement thermique des emballages lors des essais est représentatif, en termes de puissance thermique linéique, des contenus chargés dans la cavité de l'emballage FS47.

### Mesures réalisées lors des essais

Le programme d'essais prévoit la réalisation de mesures thermo-fluidiques pour deux puissances thermiques différentes, à savoir 100 W et 310 W par emballage.

Plusieurs capteurs de température et de vitesse d'écoulement de l'air seront positionnés sur les emballages et le caisson.

L'IRSN estime que les mesures devraient être complétées, notamment pour faciliter le recalage du modèle thermique qui sera utilisé pour réaliser les calculs thermo-fluidiques. En particulier, le nombre de thermocouples prévu pour vérifier la température de l'air au sein du caisson paraît insuffisant. Aussi, l'IRSN recommande d'ajouter des points de mesure additionnels en-dessous et au-dessus des deux colis diamétralement opposés, situés aux extrémités du râtelier (quatre points de mesure au total). À cet égard, le requérant a indiqué qu'il ne lui restait que deux thermocouples supplémentaires et que les deux autres thermocouples nécessaires pour la réalisation des mesures demandées devaient être choisis parmi les thermocouples prévus sur les emballages ou le caisson. L'IRSN considère que les thermocouples qui seront placés sur les couronnes intermédiaires des deux emballages les plus chauds pourraient être utilisés à cette fin. En effet, compte tenu du nombre élevé de thermocouples que le requérant a prévu de placer sur ces deux emballages, l'IRSN estime que cette modification n'est pas de nature à détériorer la qualité de la surveillance de leur température lors des essais. Ceci fait l'objet de la recommandation 3 en annexe 1 du présent avis.

Le requérant a précisé qu'à chaque palier de puissance thermique, les mesures ne seront pas réalisées avant l'obtention de l'équilibre thermique. À ce titre, le requérant a défini deux critères de vérification de l'atteinte de l'équilibre thermique, à savoir :

- lorsque les températures des emballages et du caisson présentent une tendance asymptotique stable ;
- lorsque la différence entre la température moyenne de surface de l'un des deux emballages les plus chauds et la température ambiante moyenne est inférieure à 2°C sur deux intervalles de quatre heures.

Ces critères n'appellent pas de remarque particulière.

Enfin, le requérant devrait justifier comment seront prises en compte les variations de la température ambiante à l'intérieur du local d'essais suivant la période de la journée (jour-nuit), dans l'interprétation du critère, qui tient compte des variations de température, qui sera utilisé pour l'arrêt de l'essai. Ceci fait l'objet de l'observation 1 en annexe 2 du présent avis.

### Conclusion

En conclusion, l'IRSN considère que la société AREVA TN devrait compléter la définition du nouveau caisson CB10 ainsi que les justifications visant à démontrer la représentativité des spécimens d'essais.

En outre, afin de faciliter le recalage du modèle thermique qui sera utilisé ultérieurement pour évaluer le comportement thermique des emballages FS47 chargés dans le nouveau caisson de type CB10, dans des conditions plus pénalisantes que celles qui seront simulées lors des essais, le requérant devrait compléter l'instrumentation des emballages.

L'ensemble des recommandations formulées par l'IRSN sont rappelées en annexe 1 du présent avis. L'observation formulée par l'IRSN est rappelée en annexe 2 du présent avis.

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° 2016-0151 du 10 mai 2016

Recommandations de l'IRSN

Recommandations à prendre en compte dans le cadre de la demande d'autorisation de transport des colis FS47 dans un caisson de type CB10

1 Définition du caisson CB10

Compléter la description du caisson CB10 afin de préciser les points suivants :

- a. les dimensions internes utiles du caisson ;
- b. la présence de grillages, sur toute la longueur des ouvertures latérales inférieure et supérieure du caisson, ainsi que leurs dimensions ;
- c. la présence d'ailettes sur toute la longueur des ouvertures latérales du toit du caisson.
- d. l'emplacement et les dimensions des crantages présents sur les surfaces extérieures du caisson en tenant compte des tolérances de fabrication ;
- e. la présence éventuelle de peinture sur les surfaces internes et externes du caisson ainsi que, le cas échéant, les coefficients d'émissivité et d'absorptivité thermiques associés ;
- f. les caractéristiques des tôles en forme de « U inversé » et des rails, notamment celles qui peuvent modifier les écoulements de l'air au sein du caisson (hauteur des tôles en forme de « U inversé » et des rails, présence d'évidements sur les tôles et les rails...).

2 Représentativité des spécimens d'essais

- 2.1 Justifier le conservatisme du râtelier retenu pour les essais thermiques au regard des différents types de râteliers existants en comparant les caractéristiques des composants susceptibles de modifier la circulation de l'air autour des colis (dimensions des sections de passage de l'air et des structures tubulaires en acier...).
- 2.2 Justifier que, lors des essais thermiques, la position des emballages à l'intérieur du caisson est pénalisante, au regard des configurations réelles de chargement des emballages dans le caisson, en termes d'écoulements d'air autour des emballages.

3 Instrumentation

Compléter les points de mesure de l'ambiance à l'intérieur du caisson en ajoutant des thermocouples au-dessus et en-dessous des deux emballages diamétralement opposés, situés aux extrémités du râtelier (quatre points de mesure au total). Les deux thermocouples prévus sur la couronne intermédiaire des deux emballages les plus chauds pourraient être utilisés pour remplacer les thermocouples manquants.

**Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-0151 du 10 mai 2016**

**Observation de l'IRSN**

1 Conditions ambiantes dans le local d'essais

Justifier comment seront prises en compte les variations de la température ambiante à l'intérieur du local d'essais, suivant la période de la journée (jour-nuit), dans l'interprétation du critère, qui tient compte des variations de température, qui sera utilisé pour l'arrêt de l'essai.