

Fontenay-aux-Roses, le 4 mai 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2015-157

Objet : Transport - Compléments de justification - Nouvel agrément - Modèle de colis EB3-A400/300 chargé de cendres d'incinération

- Réf.**
1. Lettre ASN/DIT/0229/2009 du 10 avril 2009
 2. Avis IRSN 2011-382 du 7 septembre 2011
 3. Règlement de transport de l'AIEA, SSR-6, édition de 2012

Par lettre citée en première référence, les services de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont demandé l'avis et les observations de l'IRSN sur la demande d'agrément du modèle de colis EB3-A400/300 présentée par la société DAHER-NCS, ci-après dénommée « le requérant ».

Cette demande concerne le modèle de colis EB3-A400/300 chargé de cendres d'incinération contenant de l'uranium enrichi non irradié sous forme de sesquioxyde d'uranium (U_3O_8) et de résidus métalliques non incinérables. De forme cylindrique, l'emballage EB3-A400/300 est constitué d'un conteneur externe EB3-A400/300, d'une capacité de 400 litres, assurant la protection mécanique et thermique, dans lequel vient s'insérer, à l'aide d'un système de calage en acier, un conteneur interne EB1-A200, d'une capacité de 200 litres, qui assure la non-dispersion de la matière radioactive. Les cendres sont conditionnées dans un fût de type DOT 7A (110 litres) disposé dans le conteneur interne EB1-A200. La masse maximale de l'emballage chargé de son contenu est de 300 kg. La masse maximale d'uranium transportée est de 13,7 kg et l'enrichissement de l'uranium en isotope ^{235}U est inférieur ou égal à 3,6 %. Le requérant a proposé de classer la matière transportée comme matière radioactive de faible activité spécifique (LSA-II) et le modèle de colis comme colis industriel de type 2 (IP2) chargé de matières fissiles. Le requérant a également indiqué lors de l'instruction que les emballages EB3-A400/300 qui vont être fabriqués ne devraient être utilisés que lors d'une seule campagne de transport des produits d'incinération actuellement entreposés sur le site de Pierrelatte [REDACTED] en vue de leur retraitement.

La demande d'agrément du modèle de colis a fait l'objet en 2011 d'une expertise de l'IRSN dont les principales conclusions sont synthétisées dans l'avis cité en deuxième référence. Afin de répondre aux recommandations formulées lors de cette expertise, le requérant a transmis des compléments de

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

justification, ainsi qu'une mise à jour du dossier de sûreté du modèle de colis. Les justifications de sûreté complémentaires présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en troisième référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

Définition de l'emballage

Dans l'avis cité en deuxième référence, il était demandé de définir de façon précise l'ensemble des cotes et tolérances permettant de garantir les épaisseurs minimales de la couche isolante de laine de roche disposée entre le conteneur externe EB3-A400/300 et le conteneur interne EB1-A200. Le requérant devrait compléter son dossier de sûreté sur ce point.

Définition du contenu

Les contenus peuvent comprendre des résidus métalliques, qui pourraient induire un risque de perforation des parois du fût EB1-A200, ou des matériaux hydrogénés. Pour caractériser les risques associés, la société DAHER-NCS a transmis une synthèse d'analyses réalisées lors de l'ouverture de 30 des 860 fûts DOT 7A à transporter (3,5 %). Ces analyses ont montré l'absence de matière hydrogénée dans les cendres hormis l'humidité relative des poudres, au maximum mesurée à [REDACTED]. Ceci n'appelle pas de commentaire.

Par ailleurs, la masse maximale observée des résidus métalliques présents dans les fûts DOT 7A est de [REDACTED].

Comportement mécanique

Afin d'évaluer le risque de perforation des parois du colis, la société DAHER-NCS a réalisé un essai de perforation du conteneur interne EB1-A200 qui a consisté en la chute, sur la surface du conteneur et d'une hauteur de 1,2 mètre, d'une barre cylindro-conique de 10 kg, de 50 mm de diamètre et présentant à l'endroit de l'impact un embout hémisphérique de 2 mm de rayon. La définition de l'essai couvre, selon le requérant, l'ensemble des risques de perforation associés à la présence potentielle de résidus métalliques dans les cendres en tenant compte des différentes conditions de transport. Les résultats de l'essai n'ont pas fait apparaître de perforation de la tôle du conteneur. Ceci n'appelle pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN.

Le conteneur interne EB1-A200, constituant l'enveloppe de confinement du colis, est constitué de tôles en acier doux de nuance [REDACTED]. Dans sa précédente expertise, l'IRSN a relevé que ce type d'acier pourrait présenter un risque de rupture brutale, notamment en cas de choc à basse température. Toutefois, la probabilité de présence d'un défaut pouvant engendrer un risque de rupture brutale est faible dans les tôles constituant le conteneur compte tenu de leur faible épaisseur (2 à 4 mm). L'IRSN recommandait que la société DAHER-NCS confirme toutefois que les procédés mis en œuvre pour la fabrication de ces tôles ou leurs contrôles en fabrication garantissent l'absence de défaut susceptible de conduire à un risque de rupture brutale. Le requérant n'a pas fourni d'élément sur ce point qui reste donc à confirmer.

Comportement thermique du modèle de colis

Le comportement thermique du colis est influencé par le coefficient d'absorption solaire de sa peinture extérieure. La société DAHER-NCS a précisé que la peinture utilisée, de couleur jaune, est

caractérisée par son fabricant par une bonne résistance aux conditions climatiques et que, d'après la littérature, son coefficient d'absorption est égal à 0,3. En outre, les opérations de maintenance, au cours desquelles chaque défaut de peinture (fissure, changement de couleur) doit faire l'objet d'une réparation, permettent d'éviter une modification significative de ses propriétés par vieillissement.

L'IRSN note que des incertitudes affectent l'absorptivité thermique des surfaces externes de l'emballage dont la valeur retenue dans les démonstrations n'a pas été précisément vérifiée. Toutefois, au regard des marges disponibles par rapport à la température maximale admissible du joint d'étanchéité du conteneur EB1-A200, présentées ci-après, ces incertitudes ne devraient pas remettre en cause le niveau de sûreté du colis. Le requérant devrait néanmoins effectuer une mesure d'absorptivité solaire pour la nuance précise de peinture prévue sur la surface externe du colis.

Le comportement thermique du modèle de colis en conditions normales et accidentelles de transport a été analysé sur la base de modélisations numériques. En conditions accidentelles de transport, la société DAHER-NCS a pris en compte le cumul des déformations, latérales et longitudinales, observées sur les spécimens à l'issue des essais de chute. Toutefois, les effets de la compression et de la température sur les propriétés thermiques de la laine de roche n'avaient pas été pris en compte par le requérant dans le dossier objet de l'avis cité en deuxième référence.

Afin de lever ces incertitudes, les propriétés thermiques de la laine de roche compactée ont été mesurées par le requérant pour deux niveaux de compaction ([REDACTED] et [REDACTED]) en tenant compte de l'effet de la température jusqu'à 800°C. Sur la base des valeurs de conductivité thermique déduites de ces essais, le requérant a réévalué, par calcul numérique, à 230°C (pour une masse volumique de laine de roche de [REDACTED]), la température maximale du joint en silicone du conteneur EB1-A200 lors de l'épreuve de feu.

L'IRSN relève que la masse volumique maximale de la laine de roche testée ([REDACTED]) est plus faible que la masse volumique qui peut être déduite des taux d'écrasement mesurés à l'issue des épreuves de chute simulant les conditions accidentelles de transport ([REDACTED]). Néanmoins, compte tenu de l'orientation de la chute ayant conduit à ce taux d'écrasement maximal (chute de plaque de 9 m sur spécimen en position oblique avec impact sur le couvercle), le plus fort taux de compression (99 mm) a été observé en périphérie de la virole de l'emballage, au niveau de l'impact. Les taux d'écrasement devraient être plus faibles dans le volume entre la virole et le joint, conduisant à des masses volumiques moins importantes, de l'ordre de [REDACTED] au droit du joint du conteneur interne en considérant, de façon linéaire, un écrasement maximal de 99 mm au niveau de l'impact et un écrasement nul à l'opposé du point d'impact. Aussi, l'IRSN estime que la conductivité thermique prise en compte pour la laine de roche dans la modélisation thermique est satisfaisante, d'autant plus que le requérant a considéré, de façon pénalisante, un écrasement maximal sur l'ensemble de la hauteur de l'emballage et non pas localisé sur la zone d'impact.

En outre, dans son avis précité, l'IRSN a relevé que le dispositif de calage du conteneur interne, [REDACTED], pourrait localement influencer sur le comportement thermique du modèle de colis par la création de ponts thermiques entre la virole du conteneur externe et celle du conteneur interne. La société DAHER-NCS a indiqué qu'aucun contact direct entre ce dispositif et le conteneur externe n'a été observé à l'issue des essais de chute. Le requérant conclut que si le phénomène était avéré, il devrait rester localisé du fait de la géométrie du système de calage et qu'en outre, l'étude thermique présente des marges

(décrites ci-après). Cependant, l'IRSN estime que le requérant devrait tenir compte de la présence de ces systèmes dans sa modélisation du comportement thermique du modèle de colis.

Non-dispersion de la matière

L'analyse de sûreté-criticité du modèle de colis EB3-A400/300 suppose que la matière fissile reste confinée dans le conteneur interne EB1-A200 en conditions accidentelles de transport. La justification de la non-dispersion de la matière radioactive repose sur l'intégrité mécanique du conteneur interne EB1-A200, l'étanchéité de son joint en silicone et du joint en graphite de l'orifice de test ainsi que sur le maintien de l'intégrité mécanique de l'enveloppe métallique du fût DOT 7A. Les épreuves mécaniques n'ont pas mis en évidence de dispersion de la matière fissile à l'extérieur du colis. Toutefois, la modélisation thermique du colis lors de l'épreuve de feu conduit à une température maximale du joint en silicone du conteneur interne EB1-A200 de 230°C. Or, le joint en silicone initialement prévu par le requérant présentait une tenue thermique insuffisante (jusqu'à 220°C) au regard de cette température maximale. La dégradation de ce joint pourrait en effet remettre en cause la non dispersion de la matière, d'autant plus que la matière fissile se trouve sous forme de cendres dont la granulométrie peut être micrométrique. Aussi, le requérant a modifié, en cours d'instruction, la nuance de ce joint ; la nouvelle nuance de joint en silicone retenue présente une température maximale d'utilisation plus élevée (jusqu'à 250°C). En tenant compte de la température maximale de tenue thermique sur une faible durée usuellement considérée pour le silicone (300°C), le joint du conteneur interne devrait conserver ses propriétés de confinement lors de l'épreuve de feu réglementaire et permettre de garantir l'absence de dispersion de la matière fissile.

Enfin, concernant le comportement thermique des joints plats circulaires des conteneurs interne et externe, le requérant a vérifié le bon dimensionnement des couples de serrage des vis des deux couvercles permettant de garantir un taux de compression suffisant, notamment à basse température (-40°C), ce qui est satisfaisant. Toutefois, l'IRSN estime que la société DAHER-NCS devrait compléter son étude en tenant compte des phénomènes de compression rémanente conformément à la recommandation formulée dans l'avis cité en deuxième référence.

Risques subsidiaires

La société DAHER-NCS a indiqué que la peinture présente sur la surface interne du conteneur interne EB1-A200 est caractérisée, selon son fabricant, par une stabilité thermique jusqu'à 120°C et une tenue thermique à court terme jusqu'à 150°C. La température maximale évaluée à la surface du conteneur interne lors de l'épreuve de feu dépasse 120°C pendant environ 3 à 4 heures et atteint au maximum 145°C. La société DAHER-NCS estime que les risques de production de gaz dans la cavité du conteneur interne par dégradation thermique de cette peinture sont donc faibles compte tenu des caractéristiques de résistance thermique de la peinture. Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait définir précisément la nuance de peinture utilisée.

Fabrication

Lors de son expertise précédente, l'IRSN avait estimé qu'en complément du contrôle par ressuage des soudures du conteneur interne EB1-A200 déjà prévu, un contrôle par radiographie devrait être réalisé lors de la fabrication de l'emballage. À cet égard, la société DAHER-NCS a proposé de

contrôler par radiographie un quart des soudures de ce conteneur lors de sa fabrication. L'IRSN considère que cette disposition est satisfaisante ; toutefois le requérant devrait transmettre à l'ASN le retour d'expérience de ces contrôles par radiographie.

En outre, l'IRSN avait estimé que le requérant devait préciser les moyens mis en œuvre pour assurer la traçabilité du conditionnement hors d'eau et à l'abri de l'humidité de la laine de roche avant sa mise en place dans l'emballage. A cet égard, la société DAHER-NCS a indiqué que la laine de roche est conditionnée dans des sacs en plastique qui ne sont ouverts que lors de la mise en œuvre de la laine dans l'emballage, réalisée dans des locaux secs et chauffés. Pour le requérant, ces principes d'approvisionnement et de mise en œuvre de la laine de roche ne mettent pas en évidence de risque de prise d'humidité de la laine de roche. Ceci est satisfaisant.

Enfin, concernant les propriétés mécaniques des tôles en acier constituant le conteneur externe (EB3-A400), dans son avis cité en deuxième référence, l'IRSN avait indiqué qu'en complément des critères sur la limite d'élasticité et la résistance à la rupture qui sont spécifiés dans le dossier de sûreté, des allongements à la rupture minimum de 34 % pour les tôles de 2 mm et de 41 % pour les tôles de 4 mm devraient également être prescrits, en cohérence avec les propriétés mécaniques maximales des tôles des spécimens utilisés pour la réalisation des essais de chute réglementaires. Pour l'approvisionnement des vis des couvercles des deux conteneurs, le requérant a indiqué que la limite d'élasticité, la résistance à la rupture et l'allongement à la rupture seraient conformes aux spécifications définies dans le dossier de sûreté. Toutefois, l'IRSN note que ces spécifications ne permettent pas nécessairement de couvrir les propriétés mécaniques des vis qui ont été utilisées sur les spécimens d'essais. Le requérant a transmis, en cours d'instruction, les propriétés mécaniques des vis des emballages à respecter pour garantir que ces propriétés soient supérieures ou égales à celles des vis utilisées sur les spécimens d'essais. Ces propriétés, ainsi que les allongements à la rupture des tôles minimum évoqués ci-avant, ont été ajoutées, avec l'accord du requérant, à la définition de l'emballage présentée dans le projet de certificat.

Utilisation

La société DAHER-NCS a indiqué lors de l'instruction que l'incertitude de l'outil de serrage des vis de fermeture des couvercles des conteneurs EB3-A400/300 et EB1-A200 serait de 5 %. Ce point a été précisé dans le projet de certificat avec l'accord du requérant. Par ailleurs, le requérant a vérifié le dimensionnement du serrage des vis des couvercles des conteneurs EB3-A400/300 et EB1-A200 en tenant compte de cette incertitude et du coefficient de frottement (0,14) sans toutefois retenir de variabilité sur ce dernier paramètre. Toutefois, l'IRSN a vérifié que la prise en compte d'une valeur de coefficient de frottement allant de 0,1 à 0,2 n'entraînait pas de risque de déformation de la vis pour le couple de serrage prescrit. Le dossier de sûreté devrait être complété sur ce point.

Par ailleurs, un contrôle visuel des fûts de type DOT 7A avant transport a été ajouté par la société DAHER-NCS sans toutefois en préciser les critères. L'IRSN estime qu'en particulier une vérification minutieuse du système de fermeture du fût devrait être réalisée avant son chargement afin de vérifier son bon état. Par ailleurs, l'IRSN estime que le requérant devrait vérifier l'absence de corps étranger dans la cavité du conteneur EB1-A200 avant chargement du fût DOT 7A. La présence de corps étranger dans ce conteneur, notamment des matières organiques, pourrait entraîner un risque

de production de gaz par dégradation thermique en cas d'incendie. Ces différents points ont été ajoutés au projet de certificat avec l'accord du requérant.

Enfin, la société DAHER-NCS a précisé qu'un contrôle d'étanchéité de l'orifice de test du conteneur interne EB1-A200 par détection de bulles à l'aide d'une cloche d'étanchéité serait réalisé avant chaque transport, ce qui est satisfaisant.

Maintenance

Les joints de couvercle du conteneur externe EB3-A400/300 et du conteneur interne EB1-A200 ne sont remplacés lors des opérations de maintenance qu'en cas de défauts visibles. L'IRSN considère qu'un tel critère ne prend pas en compte les effets du vieillissement. À cet égard, le requérant a proposé que le remplacement systématique des joints soit réalisé lors de chaque maintenance de l'emballage. Cette spécification a été ajoutée au projet de certificat avec l'accord du requérant.

Assurance de la qualité

La société DAHER-NCS a transmis une mise à jour de la liste des éléments importants pour la sûreté ainsi que des fonctions de sûreté qui leur sont associées. Le fût DOT 7A qui participe à la non-dispersion de la matière radioactive, a été intégré dans cette liste ; son intégrité et son système de fermeture ont été identifiés comme les éléments à vérifier, ce qui est satisfaisant. Toutefois, le requérant devrait compléter son analyse et définir, pour chacun des éléments identifiés, les paramètres à garantir en fabrication et en maintenance en vue du maintien de ces fonctions de sûreté.

Dans son avis cité en deuxième référence, l'IRSN considèrerait que le requérant devrait préciser les critères de déclaration des non-conformités lors de la fabrication et de l'exploitation de l'emballage et détailler l'organisation mise en œuvre pour le contrôle de la chaîne documentaire permettant de garantir aux utilisateurs de l'emballage une connaissance des éléments de sûreté garantissant une utilisation du colis conforme à l'agrément en vigueur. Ces points restent à prendre en compte par le requérant.

Conclusion

Compte tenu des justifications de sûreté présentées, l'IRSN considère que le modèle de colis en objet, tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN selon les éléments indiqués en annexe 3, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type industriel chargés de matière fissile. Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait prendre en compte la recommandation présentée en annexe 1.

En outre, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait également tenir compte des observations identifiées en annexe 2 au présent avis.

Pour le Directeur général, par ordre,
Gilles SERT,
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN N° 2015-157 du 4 mai 2015

Recommandation de l'IRSN

1 Définition de l'emballage

- 1.1 Définir toutes les cotes et tolérances permettant de garantir, pour le volume où est placée la laine de roche, une épaisseur conforme aux hypothèses retenues dans les analyses de sûreté.

Annexe 2 à l'avis IRSN N° 2015-157 du 4 mai 2015

Observations de l'IRSN pour l'amélioration des démonstrations de sûreté

1 Généralités

1.1 Mettre à jour le dossier de sûreté avec les éléments transmis lors de l'instruction.

2 Définition de l'emballage

2.1 Rendre la définition du couvercle du conteneur présentée dans le dossier de sûreté cohérente avec le type de soudure effectué (discontinue) pour la bague de renforcement de la bride sur les spécimens de chute.

2.2 Définir la nature de la peinture externe prévue et sa nuance précise.

2.3 Définir la nature de la peinture interne prévue et sa nuance précise.

3 Conditions de transport de routine

3.1 Évaluer les conséquences des variations du coefficient de frottement, sur les plages de tolérances définies, en termes de risque de desserrage et de risque de plastification des vis du couvercle du conteneur externe EB3-A400 et du conteneur interne EB1 A200.

4 Thermique

4.1 Fournir à l'ASN les résultats des mesures à réaliser pour caractériser le coefficient d'absorption du rayonnement solaire pour la nuance précise de peinture externe du colis. Le cas échéant, réviser l'étude du comportement thermique du colis dans toutes les conditions de transport afin de tenir compte de ce paramètre.

4.2 Prendre en compte dans la modélisation thermique du colis en conditions accidentelles de transport la présence du système de calage en acier et les ponts thermiques potentiels associés.

5 Sûreté-criticité

5.1 Justifier le caractère conservatif d'un réseau hexagonal de 169 colis EB1-A200 non endommagés au contact, entouré radialement par 20 cm d'eau et réfléchi à l'infini axialement, vis-à-vis des réseaux de 5N colis non endommagés et 2N colis endommagés.

5.2 Mettre à jour l'étude de sûreté-criticité afin d'étudier l'impact de la forme géométrique de la matière fissile et d'un milieu fissile hétérogène sur la réactivité des colis.

5.3 Prendre en compte la présence et la nature des résidus métalliques non incinérables. Garantir l'absence de béryllium.

6 Confinement

- 6.1 Tenir compte dans l'évaluation du taux de compression du joint du couvercle du conteneur interne EB1-A200 à -40°C de la déformation rémanente de compression.
- 6.2 Vérifier la tenue à la pression interne du conteneur externe EB3-A400/300 en tenant compte de la température maximale atteinte en conditions normales de transport et des variations de pression dues à l'altitude des transports prévus.

7 Fabrication

- 7.1 Transmettre un retour d'expérience relatif aux contrôles par radiographie réalisé lors de la fabrication sur les soudures du conteneur interne EB1-A200.
- 7.2 Confirmer que les procédés de fabrication des tôles du conteneur interne EB1-A200 garantissent l'absence de défaut susceptible de conduire à un risque de rupture brutale.

8 Assurance de la qualité

- 8.1 Compléter la définition de l'ensemble des éléments importants pour la sûreté avec, pour chacun, les fonctions de sûreté associées et les paramètres à garantir en fabrication et en maintenance en vue du maintien de ces fonctions.
- 8.2 Préciser les critères de déclaration des non-conformités lors de la fabrication et de l'exploitation de l'emballage.
- 8.3 Détailler l'organisation mise en œuvre pour le contrôle de la chaîne documentaire permettant de garantir aux utilisateurs de l'emballage une connaissance des éléments de sûreté garantissant une utilisation du colis conforme à l'agrément en vigueur.

Annexe 3 à l'avis IRSN N° 2015-157 du 4 mai 2015

Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat transmis par le requérant

Les modifications **en gras** présentées ci-dessous ont été ajoutées au projet de certificat avec l'accord du requérant.

Annexe 0

1.1 Corps

L'emballage EB3-A400/300 en acier au carbone est un fût de 400 litres qui est constitué d'une enveloppe cylindrique de 2 mm d'épaisseur, soudée en partie basse à une plaque de 4 mm d'épaisseur et en partie haute au couvercle de 4 mm d'épaisseur. **Les tôles constituant ces plaques présentent des allongements à la rupture tels que définis ci-après :**

- tôle de 2 mm : **A80 (%) ≥ 34 % ;**
- tôle de 4 mm : **A50 (%) ≥ 41 %.**

Le couvercle est posé sur la bride du couvercle fixée au corps du fût interne par 20 vis à tête hexagonale, deux d'entre elles plus longues peuvent servir à sceller le fût interne. **Les vis présentent des caractéristiques mécaniques telles que définies ci-après :**

- **Re ≥ 812 N/mm²**
- **Rm ≥ 907 N/mm²**
- **A 0,4d ≥ 5 mm**

2. MESURES QUE L'EXPÉDITEUR DOIT PRENDRE AVANT L'EXPÉDITION DU COLIS

De plus, avant chaque transport, les points suivants doivent être vérifiés :

- **absence de corps étrangers dans la cavité du conteneur EB1-A200 avant chargement du fût DOT 7A ;**
- **bon état du fût DOT 7A ;**
- **inspection minutieuse du bon état du système de fermeture du fût DOT 7A.**

Le serrage des vis est réalisé à l'aide d'un outil dont la précision sur le couple de serrage doit être inférieure ou égale à 5 %.

4. PROGRAMME D'ENTRETIEN

En particulier, les contrôles périodiques sur l'emballage EB3-A400/300 (fût EB3-A400/A300 et fût EB1-A200) doivent être réalisés au maximum tous les 3 ans. **Le remplacement des joints de conteneur EB3-A400/300 et EB1-A200 est réalisé à chaque contrôle périodique de l'emballage.**