

Fontenay-aux-Roses, le 16 juin 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00195

Objet : Transport - Dossier d'option de sûreté - Emballage chargé d'assemblages combustibles usés de type REP

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-051262 du 11 janvier 2017
2. Règlement de transport de l'AIEA - SSR6 - 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 les options de sûreté présentées par la société TN International pour un nouveau concept d'emballage destiné au transport sur la voie publique d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau sous pression. Il est également destiné à l'entreposage de ces combustibles. Toutefois, cette fonction n'est pas traitée dans le présent avis.

Les options de sûreté transmises présentent les méthodes et les hypothèses principales qui seront retenues pour démontrer la conformité de ce modèle de colis aux exigences relatives aux modèles de colis de type B pour matière fissile, spécifiées de la réglementation citée en seconde référence.

De l'expertise de ces options, il ressort les points importants ci-après.

1 DESCRIPTION DU CONCEPT DU MODELE DE COLIS

Le corps du nouveau concept d'emballage, de forme générale cylindrique, est constitué d'une virole et d'un fond soudé en acier au carbone, de diffuseurs thermiques, d'une protection radiologique (type neutronique) et d'une enveloppe externe. Chaque extrémité du corps de l'emballage est équipée d'un capot amortisseur de chocs composé de blocs de bois confinés dans une enveloppe métallique. La fermeture de la cavité de l'emballage, destinée à accueillir un panier comportant des logements dans lesquels sont positionnés les assemblages combustibles, est assurée par deux couvercles munis de joints d'étanchéité (concept de double barrière d'étanchéité).

Par rapport à la plupart des emballages existants, l'une des évolutions de concept présentée par le nouveau modèle de colis est la mise en place d'un amortisseur à l'intérieur de la cavité visant à limiter les sollicitations sur le système de fermeture en cas d'impact du contenu. **L'IRSN estime satisfaisante cette évolution.**

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 8 440 546 018

Le requérant précise que la qualification de cet amortisseur s'appuiera sur celle d'un amortisseur de conception similaire utilisé avec un autre modèle de colis. À cet égard, l'IRSN souligne l'importance de l'analyse des similitudes entre les deux amortisseurs et entre les sollicitations des contenus sur ces derniers. Le cas échéant, des essais spécifiques au nouvel amortisseur pourraient être nécessaires. **Ceci fait l'objet de l'observation n°1.A présentée en annexe 2 au présent avis.**

Dans le dossier, le requérant indique des classes de vis uniquement pour certains composants. À cet égard, les vis de classe élevée (10.9, 12.9...) sont sensibles à des phénomènes notamment d'hydruration lors de leur fabrication, susceptible de mettre en cause leurs caractéristiques mécaniques. Sur ce point, le requérant ne prévoit pas actuellement de vis de classe supérieure à la classe 10.9. L'IRSN estime ce principe satisfaisant sous réserve que pour les vis de classe 10.9, le requérant précise les dispositions retenues lors des opérations de fabrication en vue de se prémunir du risque de fragilisation des vis du à la présence d'hydrogène. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 présentée en annexe 1 au présent avis.**

2 COMPOTEMENT MECANIQUE

2.1 Conditions de transport de routine

Pour l'analyse du comportement mécanique des composants du colis en conditions de transport de routine, le requérant prendra en compte la pression interne maximale, les accélérations dans les différentes directions ainsi que les efforts résultants des dilatations différentielles. La tenue des systèmes d'arrimage du colis sera démontrée en tenant compte de l'hyperstaticité des points d'appui. En outre, le dimensionnement des organes de manutention du colis tiendra compte des conditions de levage à l'arrachée et de dépose brutale du colis. **L'IRSN estime que ces hypothèses sont satisfaisantes.**

En outre, le requérant devra justifier que les couples de serrage des éléments vissés permettent d'écarter leur desserrage du fait des vibrations rencontrées au cours des transports. **Ceci fait l'objet de l'observation n°2 présentée en annexe 2 au présent avis.**

2.2 Conditions normales et accidentelles de transport

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis, à l'issue des épreuves de chute réglementaires simulant les conditions normales et accidentelles de transport, reposera sur :

- des essais de chute réalisés avec une maquette représentative d'un des capots amortisseurs équipant l'emballage, un lest représentatif en masse des composants du colis y étant associé ;
- des calculs numériques réalisés à l'aide d'un modèle dont la validité sera justifiée sur la base notamment des résultats des essais précités. Dans ce modèle, l'ensemble des composants de l'emballage est modélisé.

Les études du requérant viseront à démontrer que les sollicitations sur l'enveloppe de confinement du nouvel emballage sont inférieures à celles déterminées pour d'autres modèles ayant fait l'objet de campagnes d'essais plus complètes.

Sur le plan des principes, de manière à privilégier une approche expérimentale plus robuste, l'IRSN estime que le requérant devrait définir un dispositif d'essais intégrant les couvercles de fermeture de la cavité de l'emballage afin d'évaluer le comportement de leurs vis de fixation ainsi que le décollement des plans de joints. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 présentée en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, l'IRSN a identifié des principes de conceptions des emballages (non dépassement de la limite élastique des matériaux des vis, déformations des portés de joint cohérentes avec le comportement élastique des joints, non impact des tourillons, maintien des sollicitations dans le domaine de fonctionnement de l'amortisseur de cavité) de nature à ménager des marges de sûreté. **Ces principes font l'objet de la recommandation n°3 présentée en annexe 1 au présent avis.**

Le requérant réalisera pour les conditions accidentelles de transport, une analyse de l'influence de la dispersion de matières fissiles dans la cavité sur les températures des joints de confinement et sur les débits d'équivalent de dose. À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devra également considérer une dispersion potentielle de matière en condition normale de transport. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 présentées en annexe 1.**

2.3 Risque de rupture brutale

La société AREVA TN analyse le risque de rupture fragile à -40°C des composants du colis en acier au carbone. **Ceci est satisfaisant sur le principe.**

Pour rappel, la méthode qui sera utilisée pour cette analyse a déjà fait l'objet d'analyses de l'IRSN, dans le cadre du sujet générique correspondant. L'exploitant devra intégrer les suites de ces analyses.

3 COMPORTEMENT THERMIQUE

L'analyse du comportement thermique du colis dans toutes les conditions de transport reposera sur des calculs numériques. Cette analyse visera notamment à justifier le respect des températures maximales admissibles de la protection neutronique et des joints des composants de fermeture de la cavité du colis.

À cet égard, l'IRSN recommande que l'analyse du requérant prenne en compte, pour la phase de refroidissement du colis, le phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots. Enfin, l'évaluation de la température de la protection neutronique lors de l'épreuve de feu devra tenir compte des transferts de chaleur résultant de la présence des conducteurs en cuivre. De même, l'orientation des fibres des blocs de bois des capots amortisseur devra être considérée.

Ces points font l'objet de la recommandation n°5 et de l'observation n°3 présentées en annexes 1 et 2 au présent avis.

4 CONFINEMENT

Le nouveau modèle de colis est conçu avec une double barrière d'étanchéité, prise en compte pour démontrer le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité à l'issue des épreuves simulant les conditions normales et accidentelles de transport. Ces études seront réalisées en considérant plusieurs hypothèses enveloppes, concernant le taux de rupture des gaines et le taux de relâchement des gaz de fission, ce qui est satisfaisant.

Il conviendra en outre de tenir compte de la viscosité du gaz de remplissage de la cavité et des éventuelles remontés de pression. Ces points font l'objet de l'observation n°4) présentée en annexe 2 du présent avis.

Par ailleurs, le taux de remplissage des gorges des joints en élastomère (internes et externes) des composants de fermeture de la cavité sera inférieur à 100 % dans toutes les conditions de transport. Ceci est satisfaisant.

En outre, le requérant devra justifier que le taux de compression minimal des joints élastomères assure l'étanchéité du système de fermeture. **Ceci fait l'objet de l'observation n°5 présentée en annexe 2 au présent avis.**

5 SURETE CRITICITE

Les démonstrations de prévention des risques de criticité du modèle de colis seront réalisées en considérant la pénétration d'une quantité limitée d'eau dans la cavité à l'issue des épreuves réglementaires. Cette quantité d'eau sera évaluée en tenant compte de l'efficacité des opérations de séchage de la cavité, de la présence d'hydrures et de la quantité d'eau qui pénètre à l'issue des épreuves réglementaires d'immersion du colis.

Les conditions retenues pour détermination la quantité maximale d'eau pouvant pénétrer dans le colis sont celles définies dans la réglementation de l'AIEA. **Nonobstant, l'IRSN estime que, pour évaluer les marges de sûreté, une durée de l'épreuve d'immersion sous 15 m d'eau d'une semaine devrait être considérée, pour tenir compte d'une durée plus réaliste de récupération du colis immergé. Ce point fait l'objet de l'observation n°6 présentée en annexe 2 au présent avis.**

6 PRISE EN COMPTE DE LA RADIOLYSE

La société AREVA TN considère que l'absence de crayon inétanche au chargement et les opérations de séchage de la cavité, après le chargement sous eau, permettent d'écarter la création d'une atmosphère inflammable au cours des transports. **À cet égard, le requérant devra justifier l'efficacité de la procédure de séchage de la cavité du colis, sur la base d'essais dédiés ou d'essais existants dont la représentativité devra être justifiée.** En outre, il devra tenir compte de la présence d'hydrates de bore, le cas échéant de la quantité d'eau résiduelle après séchage, et de celle pénétrant dans la cavité lors de l'épreuve d'immersion. **Ces points font l'objet de l'observation n°7 présentée en annexe 2 au présent avis.**

7 RADIOPROTECTION

Le requérant basera l'analyse de la radioprotection, en conditions de transport de routine et à l'issue des épreuves simulant les conditions accidentelles de transport, sur la base d'une méthodologie utilisant un système d'inéquations pour définir les caractéristiques maximales admissibles du contenu. **Cette démarche a déjà fait l'objet d'un avis de l'IRSN, en décembre 2016. Il conviendra que le requérant prenne en compte les conclusions de cet avis.**

8 FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE DU COLIS

Les contrôles et opérations réalisées lors de la réception du colis, qui seront similaires à ceux réalisés sur les emballages en cours d'exploitation, n'appellent pas de remarque à ce stade. Toutefois, si l'enveloppe externe de l'emballage est constituée de plats soudés, une attention devra être apportée à la réalisation de ces soudures. En effet, un défaut de celles-ci pourrait conduire à une évolution de l'humidité dans le corps de l'emballage, susceptible de modifier les caractéristiques des matériaux à terme. **Ces points font l'objet de l'observation n°8 présentée en annexe 2 au présent avis.**

9 CONCLUSION

En conclusion, l'IRSN considère les options de sûreté présentées par la société AREVA TN pour le nouveau modèle de colis TN 24 DH+ sont convenables, sous réserve de prendre en compte les recommandations rappelées en annexe 1 au présent avis.

De plus, dans le cadre des dossiers à venir (programme d'essais de chute et dossier de sûreté), le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2017-00195 du 16 juin 2017

Recommandations

- 1) L'IRSN recommande que le requérant, d'une part ne retienne pas de vis de classe de qualité supérieure à 10.9 dans la conception de l'enveloppe de confinement du modèle de colis, d'autre part précise pour cette classe les dispositions retenues lors des opérations de fabrication en vue de se prémunir du risque de fragilisation des vis du à la présence d'hydrogène.
- 2) L'IRSN recommande que la maquette prévu pour les essais de chute soit modifiée pour intégrer des éléments représentatifs des couvercles de fermeture de la cavité de l'emballage en vue notamment d'évaluer expérimentalement le comportement de leur vis de fixation et le phénomène de décollement des plans de joints.
- 3) Au titre des bonnes pratiques de conception, l'IRSN recommande que le requérant vise à ce que :
 - les contraintes équivalentes calculées dans les vis du colis participant à une fonction de sûreté restent inférieures à la limite d'élasticité de leur matériau, en tenant compte des incertitudes du code de calcul utilisé,
 - le décollement transitoire des plans de joint lors des épreuves réglementaires reste inférieur à la capacité de retour élastique des joints de confinement,
 - les écrasements radiaux des capots amortisseurs ne conduisent pas à un impact des tourillons dans les différentes configurations de chutes,
 - le seuil de consolidation de l'amortisseur de cavité ne soit pas dépassé.
- 4) L'IRSN recommande que le requérant prenne en compte également une dispersion potentielle de matière dans la cavité de l'emballage en conditions normales. La modélisation de cette matière, dont le caractère enveloppe devra être justifié, devra maximiser la température des composants importants pour la sûreté du colis.
- 5) L'IRSN recommande que, dans l'étude du comportement thermique du colis, l'exploitant prenne en compte le phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots pendant la phase de refroidissement.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2017-00195 du 16 juin 2017

Observations

- 1) Présenter les caractéristiques (contraintes d'écrasement et seuil de consolidation) du dispositif d'amortissement « de cavité » définies sur la base d'essais, soit réalisés pour un dispositif similaire, dont la représentativité des essais (dispositifs et sollicitations) sera justifiée, soit d'essais spécifiques au nouveau système. Définir les critères retenus pour assurer la conformité des composants constituant l'amortisseur de cavité (grandeurs physiques mesurées, nombre d'échantillons testés...).
- 2) Justifier que les couples de serrage appliqués aux éléments vissés du colis (couvercles, tapes, conducteur en cuivre...) permettent de se prémunir des phénomènes de desserrage associés aux vibratoires rencontrés au cours des transports.
- 3) Évaluer la température de la protection neutronique lors de l'épreuve de feu en tenant compte des transferts de chaleur résultant de la présence des conducteurs en cuivre. Considérer dans les études les propriétés thermiques des blocs de bois tenant compte de l'orientation de leurs fibres.
- 4) Évaluer le relâchement d'activité dans toutes les conditions de transport en considérant :
 - la viscosité du gaz de remplissage ;
 - la remontée de pression interne, du fait de l'augmentation de la température et des éventuels gaz produits par radiolyse de l'eau résiduelle.
- 5) Évaluer le taux de compression minimal des joints en élastomère équipant le système de fermeture de la cavité, en prenant en compte la déformation rémanente des joints.
- 6) Évaluer la quantité d'eau pénétrant dans la cavité du colis en considérant une durée de l'épreuve d'immersion sous 15 m d'eau étendue à une semaine.
- 7) Justifier l'efficacité de la procédure de séchage de la cavité du colis chargé et tenir compte dans l'étude relative à la radiolyse de la présence d'hydrates de bore, le cas échéant de la quantité d'eau après séchage, et de celle pénétrant lors de l'épreuve d'immersion.
- 8) Réaliser un contrôle des soudures des plats constituant l'enveloppe externe, par exemple 100 % surfacique par ressuage.