

Fontenay-aux-Roses, le 18 octobre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00327

**Objet :** Transport - Prorogation d'agrément - Emballage TN 24 ER chargé d'assemblages combustibles irradiés

**Réf.**

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2015-39855 du 30 septembre 2015
2. Règlement de transport de l'AIEA édition 2012
3. Compte rendu de réunion AIEA, TRANSSC, de novembre 2015
4. Guide d'application du règlement de transport de l'AIEA - SSG 26, publié en 2014

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 de prorogation d'agrément présentée par la société AREVA TN International, dénommée ci-après le requérant, du modèle de colis TN 24 ER.

Cette demande concerne l'agrément, pour le transport par route, fer ou mer en tant que colis de type B(U) chargé de matière fissile, du modèle de colis constitué de l'emballage TN 24 ER, chargé de 32 assemblages combustibles à oxyde mixte de thorium et d'uranium ( $\text{ThO}_2\text{-UO}_2$ ), irradiés en réacteur à eau bouillante et conditionnés en boîtes de confinement.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant dans le dossier transmis en appui de sa demande ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en deuxième référence. De cette expertise, qui tient compte des informations transmises au cours de l'instruction, il ressort les points importants ci-après.

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

### Description du colis

#### Description de l'emballage

L'emballage TN 24 ER est de forme générale cylindrique. Il est constitué des principaux sous-ensembles suivants :

- un corps constitué d'une virole en acier de forte épaisseur et d'un fond soudé ;
- un système de fermeture constitué de deux couvercles indépendants (primaire et secondaire) munis chacun d'un joint interne métallique, d'un joint externe en élastomère et d'un orifice obturé par une tige de fermeture ;

**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

- un système amortisseur constitué d'un capot de tête et d'un capot de fond remplis de bois vissés aux extrémités de l'emballage ;
- quatre tourillons servant à la manutention et à l'arrimage du colis.

Par rapport à la précédente demande d'agrément du modèle colis, le requérant a fait évoluer la géométrie des capots ; des volumes de bois ont été ajoutés. En outre, l'épaisseur de la plaque anti-poinçonnement du capot supérieur a été augmentée. Cela conduit à une augmentation de la masse de l'emballage d'environ une tonne.

#### Description des aménagements internes

La cavité de l'emballage contient un panier constitué d'éléments en acier, en aluminium et aluminium boré, présentant 32 logements. Chaque logement du panier reçoit une « boîte de confinement » en acier inoxydable. Chaque boîte est équipée, à ses deux extrémités, d'ouvertures équipées de filtres permettant l'évacuation de l'eau au cours des opérations de séchage.

#### Description des assemblages

Dans chacune des boîtes de confinement est placé un assemblage combustible à oxyde mixte de thorium et uranium ( $\text{ThO}_2\text{-UO}_2$ ), irradiés en réacteur à eau bouillante, intact ou « démantelé ». Les assemblages « démantelés » sont constitués de crayons issus d'assemblages démontés, placés dans un carquois.

L'IRSN a noté des incohérences entre le projet de certificat de prorogation d'agrément transmis par le requérant et le dossier de sûreté transmis en appui à la demande de prorogation (nombre maximal d'assemblages intacts ou démantelés, enrichissement des assemblages intacts, unité utilisée pour exprimer le taux de combustion des assemblages). L'IRSN propose en conséquence des modifications du projet de certificat d'agrément, présentées en annexe 3 au présent avis et acceptées par le requérant au cours de l'instruction. Le requérant a indiqué que le dossier de sûreté sera révisé afin d'inclure les modifications nécessaires à la correction de ces incohérences.

#### Jeux axiaux dans la cavité

Le dossier de sûreté ne présente pas d'informations sur les jeux axiaux, d'une part entre la cavité et les boîtes de confinement, d'autre part entre les boîtes de confinement et les assemblages. Ces informations ont été transmises au cours de l'instruction. Au regard des valeurs élevées des jeux entre les boîtes de confinement et les assemblages (plusieurs dizaines de millimètres), **l'IRSN considère que le requérant devra justifier la tenue mécanique des boîtes de confinement au phénomène d'impact différé des assemblages en cas de chute de l'emballage.** En effet, l'intégrité des boîtes de confinement est une hypothèse retenue dans l'étude de sûreté-criticité du modèle de colis TN 24 ER. Dans le cas où cette justification ne pourrait être apportée, le requérant devra modifier le calage des assemblages dans les boîtes de confinement afin de réduire le jeu axial entre les assemblages et les boîtes de confinement de manière à écarter tout risque de dispersion du combustible en dehors des boîtes de confinement. Ceci fait l'objet de la recommandation 1.1 formulée en annexe 2 au présent avis.

## Comportement mécanique du colis

### Arrimage et manutention

Par rapport au précédent dossier de sûreté transmis en appui à la demande d'agrément du modèle de colis TN 24 ER, le requérant a mis à jour les justifications de sûreté concernant le comportement mécanique des organes d'arrimage et de manutention, en prenant en compte l'augmentation de la masse du colis évoquée ci-dessus. En outre, le requérant a complété son dossier de sûreté en étudiant une sollicitation simultanée d'accélération longitudinale et verticale pour l'estimation des contraintes maximales dans les tourillons. L'accélération maximale retenue par le requérant pour justifier la tenue des organes d'arrimage, en particulier les vis de fixation des tourillons, est inférieure à celle proposée par le groupe de travail international, cité en troisième référence, chargé d'élaborer le projet de révision de l'appendice IV du guide, cité en quatrième référence. Toutefois, l'IRSN considère que la prise en compte de la valeur d'accélération maximale proposée par le groupe de travail ne remet pas en cause les justifications de la tenue des organes d'arrimage et de manutention présentées par le requérant dans son dossier de sûreté.

S'agissant de la tenue à la fatigue des organes d'arrimage et de manutention, l'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant dans le dossier de sûreté pour le transport terrestre n'appellent pas de remarque. En revanche, les sollicitations retenues pour l'étude de la tenue à la fatigue des organes d'arrimages en transport maritime dans les directions longitudinale et latérale ne sont pas justifiées par le requérant. **Le dossier de sûreté devrait donc être complété en conséquence. Ceci fait l'objet de l'observation 1.1 formulée en annexe 4 au présent avis.**

### Comportement mécanique de l'emballage en conditions accidentelles de transport

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN 24 ER en conditions accidentelles de transport repose, d'une part sur des analogies avec des campagnes d'essais de chute réalisées sur des maquettes des modèles de colis TN 24 GET, TN 97 L et TN 81, d'autre part sur des calculs numériques de chutes.

La représentativité des maquettes d'essais avait fait l'objet de demandes de l'ASN à la suite de la précédente instruction du dossier de sûreté transmis en appui de la demande d'agrément (il s'agit des demandes 1.1, 1.2 et 1.3 de l'annexe 5 au présent avis). Le requérant a complété son dossier de sûreté pour répondre à ces demandes.

Pour la configuration d'une chute sur poinçon avec impact « côté tête », le requérant a présenté des calculs visant à montrer que le couvercle secondaire et la tige associée du modèle de colis TN 24 ER ont un meilleur comportement mécanique que le couvercle et la tige des maquettes précitées. Cette justification repose sur des comparaisons entre le modèle de colis TN 24 ER et les maquettes, d'une part des flèches maximales et des angles de flexion du couvercle secondaire et de sa tige, d'autre part des énergies cinétiques des colis à l'impact et des énergies absorbables par les capots amortisseurs. Pour l'IRSN, les éléments présentés ne sont pas totalement suffisants pour répondre aux demandes de l'ASN, qui sont rappelées aux points 1.1 et 1.2 de l'annexe 5 au présent avis. En particulier, le requérant n'a pas présenté d'évaluations des contraintes maximales dans le couvercle secondaire et la tige associée, permettant de montrer leur tenue mécanique en cas de chute sur poinçon.

Par ailleurs, si le requérant a indiqué dans le dossier de sûreté les précharges minimales et maximales dans les vis du modèle de colis TN 24 ER, il n'a pas présenté ces informations pour les modèles de colis TN 24 GET, TN 97 L et TN 81, contrairement à la demande de l'ASN rappelée au point 1.3 de l'annexe 5 au présent avis.

**En conclusion, l'IRSN estime que le dossier de sûreté ne présente pas d'éléments permettant de répondre complètement aux demandes de l'ASN, qui sont rappelées aux points 1.1, 1.2 et 1.3 de l'annexe 5 au présent avis.**

Pour ce qui concerne les calculs numériques de chute de l'emballage en position latérale, le requérant a évalué l'inclinaison de chute la plus pénalisante. L'IRSN note que le requérant n'a pas pris en compte dans ses calculs numériques les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs du modèle du colis sur l'ensemble de la plage de températures, en particulier une température de  $-40^{\circ}\text{C}$  ; or, ces caractéristiques, en particulier celles du bois des capots, varient beaucoup avec la température. En outre, le requérant n'a pas retenu dans ses calculs la valeur maximale de la plage de contrainte nominale d'écrasement du bois des capots. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra réviser la justification du comportement mécanique de l'emballage en conditions accidentelles de transport, en tenant compte de la recommandation 1.2 formulée en annexe 2 au présent avis.** En outre, l'IRSN considère que le requérant devra spécifier dans le dossier de sûreté les caractéristiques mécaniques minimales à respecter des matériaux utilisés (aciers et bois) dans la construction de l'emballage TN 24 ER. Cela fait l'objet de la recommandation 1.3 formulée en annexe 2 au présent avis.

Le requérant a mis à jour les justifications présentées dans le dossier de sûreté concernant le comportement mécanique de l'emballage lors des chutes représentatives des conditions accidentelles de transport, en ajoutant des calculs numériques de chutes de 9 m de l'emballage en position verticale, oblique et axiales. L'IRSN estime que ces nouveaux calculs de chute permettent d'améliorer la démonstration de la sûreté de l'emballage en cas de chutes représentatives des conditions accidentelles de transport. **Toutefois, pour l'IRSN, le requérant devrait compléter le dossier de sûreté, en tenant compte des observations 1.2 et 1.3 formulées en annexe 4 au présent avis relatives aux caractéristiques du bois des capots retenus dans les calculs.**

#### Risque de rupture brutale

Le requérant a mis à jour la justification présentée dans le dossier de sûreté concernant l'absence de risque de rupture brutale de la virole, en considérant notamment un défaut d'une taille cohérente avec les contrôles réalisés en fabrication. Les évaluations du requérant des facteurs d'intensité de contrainte lui permettent de conclure à l'absence de risque de rupture brutale de la virole, avec un coefficient de sécurité proche de 3. **Cette justification n'appelle pas de remarque de l'IRSN.** Toutefois, pour l'IRSN, la justification d'absence de risque brutale de l'emballage mériterait d'être étendue à d'autres éléments que la virole. Cela fait l'objet de l'observation 1.4 formulée en annexe 4 au présent avis.

#### Comportement mécanique du contenu

Le requérant a mis à jour l'étude du comportement mécanique du contenu (panier et boîte de confinement) en considérant les accélérations de l'emballage évaluées dans les nouveaux calculs

numériques de chute visant à étudier le comportement mécanique de l'emballage en conditions accidentelles de transport. Le coefficient d'amplification dynamique du panier n'a pas été modifié par rapport à la précédente version du dossier de sûreté.

Conformément à la demande de l'ASN formulée à la suite de la précédente instruction du dossier de sûreté, le requérant a augmenté la fréquence de filtrage des accélérations, de 300 Hz dans la précédente version du dossier de sûreté, à 500 Hz. Il indique que 510 Hz correspond à un mode propre du panier avec plus de 60 % de masse participante cumulée. À cet égard, l'IRSN considère que si l'augmentation de la fréquence de filtrage améliore la détermination des accélérations subies par le contenu de l'emballage, la valeur retenue de 500 Hz n'est pas justifiée. L'IRSN souligne que cette valeur de fréquence correspond à une masse participative du contenu inférieure à celle usuellement retenue dans ce type de calcul. En outre, le requérant n'a pas évalué les modes propres des boîtes de confinement. Aussi, pour l'IRSN, les éléments présentés ne répondent pas à la demande précitée de l'ASN qui est rappelée au point 1.4 de l'annexe 5 au présent avis. Par ailleurs, l'IRSN estime que le requérant n'a pas totalement répondu aux demandes de l'ASN qui sont rappelées aux points 1.5, 1.6 et 1.7 de l'annexe 5. **Aussi, le requérant devra compléter le dossier de sûreté en tenant compte de ces demandes. En outre, l'IRSN estime que le requérant devra compléter la justification du comportement mécanique des boîtes de confinement, en tenant compte de la recommandation 1.4 formulée en annexe 2 au présent avis.**

#### Comportement thermique du colis

Le requérant n'a pas apporté d'élément de réponse à la demande de l'ASN formulée à la suite de la précédente instruction du dossier de sûreté relative à l'étude de l'influence du phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots après l'épreuve de feu, sur les températures maximales atteintes par le colis. **Le requérant devra donc compléter le dossier de sûreté en tenant compte de cette demande, qui est rappelée au point 2.1 de l'annexe 5 au présent avis.**

#### Confinement

##### Relâchement d'activité

Le dossier de sûreté présente une évaluation du relâchement d'activité en conditions normales et accidentelles de transport. Toutefois, les hypothèses retenues par le requérant pour effectuer cette évaluation ne sont pas enveloppes notamment pour ce qui concerne le taux de relâchement des gaz de fission en dehors des pastilles combustibles et l'augmentation de la pression dans la cavité due à l'évaporation de l'eau. Au cours de l'instruction, le requérant a présenté une nouvelle évaluation de l'activité rejetée en conditions normales et accidentelles de transport en considérant un taux de relâchement de 100 % des gaz de fission en dehors des pastilles combustibles et l'augmentation de la pression due à l'évaporation de l'eau présente dans la cavité, sur la base de laquelle le requérant montre que les critères réglementaires sont respectés. **L'IRSN estime que cette justification est satisfaisante. Cette justification devrait être intégrée dans la prochaine révision du dossier de sûreté. Cela fait l'objet de l'observation 2.1 formulée en annexe 4 au présent avis.**

##### Taux de remplissage des gorges de joints

Les éléments présentés dans le dossier de sûreté ne sont pas suffisants pour exclure le risque d'extrusion des joints en élastomère pour les plages de températures correspondants aux conditions

normales ou accidentelles de transport. À cet égard, le requérant a modifié en cours d'instruction les tolérances sur les dimensions des joints élastomères des couvercles du modèle de colis ainsi que les tolérances sur les dimensions des gorges de joints correspondantes, sur la base desquelles il justifie que le risque d'extrusion de ces joints est écarté. **Cela n'appelle pas de remarque de l'IRSN.** Cependant, l'IRSN estime que les spécifications de tolérance sur les dimensions des joints externes des couvercles primaire et secondaire ainsi que les dimensions des gorges de joints correspondantes doivent être intégrées au dossier de sûreté en préalable à la délivrance du certificat de prorogation d'agrément. Ce point est intégré à la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis.

#### Risques liés à la radiolyse

Le requérant indique dans son dossier de sûreté que la prévention du risque d'explosion de dihydrogène dû à la radiolyse de l'eau repose sur une vérification avant le transport du colis que la production de dihydrogène ne dépassera pas la limite inférieure d'inflammabilité (LII) au cours du transport (une durée de transport d'un an et une semaine est considérée). La procédure retenue, qui repose sur une extrapolation de la production de dihydrogène durant cette période, n'a pas été modifiée par rapport à la précédente version du dossier de sûreté. Le requérant a évalué la LII du dihydrogène dans la cavité de l'emballage TN 24 ER pour les nouvelles valeurs de températures retenues en conditions normales et accidentelles de transport. Il a également déterminé, en prenant en compte la perte de charge induite par les filtres des boîtes de confinement, la teneur en dihydrogène à ne pas dépasser dans la cavité de l'emballage pour pouvoir garantir une teneur en dihydrogène inférieure à la LII dans les boîtes de confinement. **Les calculs effectués par le requérant n'appellent pas de remarque particulière de l'IRSN.** Toutefois, le critère de teneur en dihydrogène à respecter dans la cavité de l'emballage doit être intégré au dossier de sûreté en préalable à la délivrance du certificat de prorogation d'agrément. Ceci est pris en compte dans la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis. En outre, l'IRSN estime que le requérant devrait tenir compte de l'observation 2.2 formulée en annexe 4 au présent avis concernant la perte de charge maximale à respecter pour les filtres des boîtes de confinement.

#### Radioprotection

Les justifications du respect des critères réglementaires en matière de débits d'équivalent de dose au contact et au voisinage du modèle de colis TN 24 ER n'ont pas été modifiées par le requérant par rapport à la précédente version du dossier de sûreté. À cet égard, le dossier de sûreté ne présente pas d'éléments montrant que, conformément à la réglementation citée en deuxième référence, les débits d'équivalent de dose maximaux à la surface du colis en conditions normales de transport ne dépassent pas de plus de 20 % ceux calculés pour les conditions de transport de routine. **Ce point fait l'objet de l'observation 3.1 formulée en annexe 4 au présent avis.**

#### Utilisation

##### Procédure de séchage

Pour ce qui concerne la procédure retenue de séchage de la cavité de l'emballage, le requérant a indiqué, au cours de l'instruction, qu'il prévoyait de modifier le dossier de sûreté afin de retenir une pression de départ comprise entre 6 et 10 mbar (au lieu 10 et 13 mbar) pour le contrôle du séchage

complet de la cavité, par une mesure de la remontée de pression. Cette modification n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Par ailleurs, le requérant a indiqué, en cours d'instruction, que la procédure prévoit un séchage de la zone située entre les joints d'étanchéité afin d'éviter la présence d'eau résiduelle au niveau des gorges de ces joints, qui serait susceptible de remettre en cause le contrôle d'étanchéité prévu de l'emballage. Toutefois, pour l'IRSN, les éléments présentés à ce sujet ne sont pas suffisants pour justifier que cet objectif pourra être atteint. L'IRSN estime que le requérant devra qualifier la procédure de séchage pour vérifier l'atteinte de cet objectif. Ceci fait l'objet de la recommandation 3.1 formulée en annexe 2 au présent avis.

#### Équilibre thermique à vérifier avant serrage des vis

Le dossier de sûreté ne présente pas d'éléments sur la durée d'attente prévue après chargement du colis pour le serrage des vis des couvercles. Une durée suffisante est nécessaire pour assurer un équilibre thermique au niveau des vis avant de les serrer au couple, afin que ce couple de serrage soit conservé lors du transport. En cours d'instruction, le requérant a transmis une évaluation de la durée nécessaire à l'établissement de l'équilibre thermique au niveau de ces vis. Il a également indiqué qu'un temps d'attente supérieur à la durée estimée sera spécifié dans la prochaine révision du dossier de sûreté. Cela n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

#### Conclusion

En conclusion, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 24 ER chargé de 32 assemblages combustibles à oxyde d'uranium et de thorium ( $\text{ThO}_2\text{-UO}_2$ ), irradiés en réacteur à eau bouillante et conditionnés en boîtes de confinement, tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles. Toutefois, l'IRSN considère que le requérant devra mettre à jour le dossier de sûreté en préalable à la délivrance du certificat de prorogation d'agrément en tenant compte de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis. Les modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat sont présentées en annexe 3.

Par ailleurs, l'IRSN considère que le requérant devra prendre en compte, avant la prochaine demande d'agrément, les recommandations figurant en annexe 2. L'IRSN considère également que le requérant devrait tenir compte des observations présentées en annexe 4 afin d'améliorer les démonstrations de sûreté. Enfin, plusieurs demandes de l'ASN formulées dans le cadre de la précédente demande d'agrément n'ont pas fait l'objet de réponses totalement satisfaisantes de la part du requérant. Ces demandes, qui restent donc d'actualité, sont mentionnées en annexe 5 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00327 du 18 octobre 2016**

**Recommandation de l'IRSN à prendre en compte en préalable à la délivrance du certificat de  
prorogation d'agrément**

Mettre à jour le dossier de sûreté du modèle de colis TN 24 ER, incluant les évolutions apportées par le requérant en cours d'instruction concernant les spécifications de tolérances sur les dimensions des joints externes des couvercles primaire et secondaire, les dimensions des gorges de joints correspondantes ainsi que la teneur en dihydrogène à ne pas dépasser dans la cavité de l'emballage. Cette mise à jour du dossier de sûreté devra être référencée dans le certificat de prorogation d'agrément.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00327 du 18 octobre 2016

Recommandations de l'IRSN

1 Mécanique

- 1.1 Justifier la tenue mécanique des boîtes de confinement au phénomène d'impact différé des assemblages en cas de chute de 9 m de l'emballage. À défaut, modifier le calage des assemblages dans les boîtes de confinement afin de réduire le jeu axial entre les assemblages et les boîtes de confinement afin d'écartier tout risque de dispersion du combustible en dehors des boîtes de confinement.
- 1.2 Prendre en compte pour la détermination de l'angle le plus pénalisant pour la chute de 9 m en position latérale de l'emballage :
  - a. une température de -40°C pour les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs de l'emballage ;
  - b. la valeur maximale de contrainte nominale d'écrasement du bois des capots.
- 1.3 Vérifier que les matériaux utilisés (aciers et bois) dans la construction de l'emballage TN 24 ER ont bien des caractéristiques mécaniques supérieures à celles utilisées dans les calculs numériques de chute de 9 m en position quasi-horizontale. Spécifier les caractéristiques mécaniques minimales de ces matériaux dans le dossier de sûreté de l'emballage TN 24 ER.
- 1.4 Évaluer l'impact sur l'étude du comportement mécanique des boîtes de confinement, d'une fréquence de filtrage des accélérations calculées pour l'épreuve de chute de 9 m prenant en compte plus de 90 % de masse du panier participante cumulée.

2 Risques liés à la radiolyse

- 2.1 Prendre en compte la teneur maximale en dihydrogène dans la cavité à ne pas dépasser (2,67 %) dans la procédure de contrôle de la teneur en dihydrogène réalisée avant le transport..

3 Utilisation

- 3.1 Qualifier la procédure de séchage pour justifier l'absence d'eau résiduelle au niveau des gorges des joints d'étanchéité des couvercles de l'emballage.

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00327 du 18 octobre 2016

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

Le requérant a accepté les modifications présentées ci-dessous.

1 Annexe 1

1.1 Paragraphe 1.

- a. Ajout de la mention « irradiés intacts et/ou démantelés » à la suite de la mention « Le contenu radioactif autorisé, [...], est constitué d'au maximum 32 assemblages combustibles ».
- b. Ajout des nombres maximaux, d'une part d'assemblages intacts, et d'autre part démantelé :

	Assemblages intacts	Assemblages démantelés
Nombre maximal d'assemblages	24	8

- c. Modification de l'enrichissement maximal avant irradiation des assemblages intacts (4,32 % au lieu de 5,2 %).
- d. Modification de l'unité du taux de combustion des assemblages combustibles de « MWj/tU » à « MWj/tML ».

Annexe 4 à l'avis IRSN n° 2016-00327 du 18 octobre 2016

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

1 Mécanique

- 1.1 Prendre en compte dans l'étude de la tenue à la fatigue des organes d'arrimage en transport maritime des sollicitations justifiées dans les directions longitudinale et latérale.
- 1.2 Justifier les valeurs des coefficients d'adoucissement et de durcissement du bois utilisées dans les calculs numériques de chute du modèle de colis pour modéliser le comportement mécanique du bois dans la direction perpendiculaire aux fibres.
- 1.3 Présenter la méthode utilisée pour modéliser le comportement mécanique du bois dans les calculs numériques de chutes du modèle de colis représentatives des conditions accidentelles de transport.
- 1.4 Justifier que la rupture brutale de l'acier constitutif du couvercle primaire et la rupture de la soudure entre la virole et le fond du modèle de colis peuvent être écartées.

2 Confinement

- 2.1 Prendre en compte dans les évaluations de relâchement d'activité en conditions normales et accidentelles de transport du dossier de sûreté, un taux de relâchement de 100 % des gaz de fission en dehors des pastilles combustibles et l'augmentation de la pression due à l'évaporation de l'eau présente dans la cavité.
- 2.2 Spécifier la perte de charge maximale des filtres des boîtes de confinement.

3 Radioprotection

- 3.1 Justifier qu'à l'issue des épreuves représentatives des conditions normales de transport, les débits d'équivalent de dose maximaux à la surface du colis ne dépassent pas de plus de 20 % les valeurs de débits d'équivalent de dose estimés pour les conditions de transport de routine.

Annexe 5 à l'avis IRSN n° 2016-00327 du 18 octobre 2016

**Rappel des demandes de l'ASN formulées dans le cadre de la précédente demande d'agrément  
restant à prendre en compte dans le dossier de sûreté**

1 Mécanique

- 1.1 Justifier la représentativité, pour les épreuves de chute sur poinçon, du couvercle secondaire de la maquette de l'emballage TN 24 GET et la tige d'orifice du couvercle secondaire de la maquette de l'emballage TN 81, par rapport au modèle de colis TN 24 ER. Une évaluation des contraintes maximales et de la flèche des couvercles devra en particulier être présentée.
- 1.2 Évaluer l'impact de la sous-estimation de l'énergie absorbée par les spécimens lors des essais de chute sur poinçon associée à la non prise en compte de l'effet d'échelle sur la profondeur de pénétration du poinçon.
- 1.3 Évaluer les précharges minimales et maximales induites dans les vis des maquettes des emballages TN 24 GET, TN 97 L et TN 81 et du modèle de colis TN 24 ER en tenant compte des incertitudes associées aux couples de serrage et coefficients de frottement considérés et conclure sur la représentativité des maquettes considérées.
- 1.4 Ajuster la valeur de la fréquence de filtrage passe bas retenue pour les accélérations calculées pour l'épreuve de chute latérale du colis, en fonction des fréquences propres des composants du colis.
- 1.5 Compléter l'étude de l'évaluation du coefficient dynamique d'amplification de l'aménagement interne du colis en ajustant les valeurs retenues pour les pulsations représentatives de la chute en fonction des modes propres de l'aménagement interne.
- 1.6 Justifier l'absence d'amorce de flambement des disques d'acier du panier par une impulsion d'accélération à fréquence supérieure à la fréquence de coupure retenue.
- 1.7 Analyser le comportement dynamique des boîtes de confinement en chute (modes propres,...) afin de justifier les valeurs retenues pour les accélérations.

2 Thermique

- 2.1 Évaluer l'influence de la poursuite de la combustion du bois après la fin du feu, sur les températures maximales atteintes par le colis.