

Fontenay-aux-Roses, le 5 août 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00273

**Objet :** Transport - Prorogation - Emballage TNF-XI chargé d'oxyde d'uranium sous formes de poudre, de pastilles ou de fragments

- Réf.**
1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2015-033158 du 12 août 2015**
  2. Règlement de transport des matières radioactives de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique - collection Normes de sûreté, N°SSR-6, édition de 2012
  3. Safety Guide IAEA - No. TS-G-1.1 Rev. 1: « Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material »

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 (requérant) pour l'emballage TNF-XI chargé d'oxydes d'uranium (contenus n°2 et n°4), en tant que colis de type A ou industriel de type 2 (IP-2) pour matière fissile suivant le contenu transporté. Ces transports, actuellement autorisés sous couvert d'agréments valides jusqu'au 31 décembre 2016, sont réalisés par voies routière, ferroviaire et maritime au départ de l'Europe et des États-Unis vers le Japon.

Le requérant a en outre complété sa demande pour introduire le transport d'un nouveau contenu, n°7, constitué d'oxydes d'uranium mélangé à des résidus. Le colis TNF-XI chargé de ce contenu est de type A pour matière fissile.

De l'examen des justifications de sûreté présentées par rapport au règlement cité en deuxième référence, l'IRSN retient les points suivants.

#### **Description du modèle de colis**

##### **Description de l'emballage**

L'emballage TNF-XI, de forme cubique, comprend quatre cavités cylindriques pouvant contenir chacune trois conteneurs fermés, dénommés « seaux », empilés. Ces cavités sont obturées successivement par un couvercle primaire à baïonnette, en acier inoxydable et équipé d'un joint à lèvres en élastomère, un bouchon supérieur de protection et un couvercle secondaire également à baïonnette. Il existe deux versions du couvercle primaire (versions « standard » et « option 1 ») se

**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

différenciant par la conception des crabots du système à baïonnette (usinés dans la masse ou soudés). Les protections mécaniques et thermiques de l'emballage sont assurées par des blocs de mousse phénolique de différentes densités situés dans l'espace autour des cavités. Enfin, une résine neutrophage est placée autour de chaque cavité.

L'enveloppe de confinement du modèle de colis TNF-XI est composée :

- des quatre cavités cylindriques, constituée chacune d'une virole et d'un fond soudé ;
- des soudures d'assemblage des différents composants ;
- des quatre couvercles primaires munis de leur joint à lèvres.

#### Description des contenus

Les contenus objets de la présente demande sont constitués d'oxydes d'uranium ( $UO_2$ ,  $UO_3$  et  $U_3O_8$ ) sous formes de poudre, de pastilles ou de fragments. La matière, éventuellement conditionnée dans des sacs en matière plastique, est placée dans des seaux en acier inoxydable. Pour les contenus n°2 et n°4, les seaux sont équipés en partie inférieure d'un anneau en acier boré.

#### Comportement mécanique du modèle de colis

##### Arrimage

Le modèle de colis TNF-XI est transporté en position verticale dans un conteneur de type ISO 20 pieds. Un conteneur peut contenir jusqu'à 20 colis (cinq rangées de deux sur deux niveaux) calés à l'aide de pièces en bois et de sacs gonflables. Dans le cas du transport d'un seul colis, l'arrimage est réalisé à l'aide de sangles. Selon le dossier de sûreté, ce type d'arrimage est également utilisable pour le transport de plusieurs colis TNF-XI.

À cet égard, le dossier de sûreté ne décrit pas précisément les configurations d'arrimage utilisant des sangles (nombre, nature et tension de serrage des sangles...). De plus, le requérant devrait justifier que la tension des sangles ne peut pas conduire à des déformations de l'emballage. Ceci fait l'objet des observations n°1.1 et 1.2 présentées en annexe 3 du présent avis.

Par ailleurs, le requérant définit une surface minimale de contact entre les pièces de bois de calage et la surface externe des colis, afin de ne pas déformer les blocs de mousse phénolique de ces derniers. Cette surface varie en fonction du nombre de rangées de colis. Pour limiter les risques d'erreur, l'IRSN estime que le requérant devrait étudier la possibilité de définir un critère de surface unique, en considérant la configuration la plus pénalisante. Ceci fait l'objet de l'observation n°1.3 présentée en annexe 3 du présent avis.

##### Conditions normales et accidentelles de transport

La démonstration de la tenue mécanique du colis à l'issue des épreuves réglementaires de chutes simulant les conditions normales et accidentelles de transport repose sur des essais réalisés avec cinq prototypes, à l'échelle 1, du modèle de colis TNF-XI (dénommés P1 à P5). À cet égard, les caractéristiques réelles des matériaux de ces prototypes n'ont pas toutes été déterminées.

**Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait réaliser une étude de sensibilité concernant les propriétés mécaniques de l'acier du colis, en cohérence avec les tolérances d'approvisionnement.** Ceci fait l'objet de l'observation n°2.1 présentée en en annexe 3 du présent avis.

Dans ses démonstrations, le requérant considère que les endommagements observés après la séquence de chute réalisée avec le prototype P4 sont pénalisants. Cependant, contrairement à ce prototype, les caractéristiques réelles des blocs de mousse des autres prototypes ne sont pas détaillées, et ne peuvent donc pas être comparées avec celles du prototype P4. Ceci peut induire un biais dans la comparaison des effets des différentes séquences de chute. **Aussi, l'IRSN recommande que le requérant réalise une étude de sensibilité considérant les caractéristiques minimales et maximales de la mousse phénolique des prototypes autres que le P4, au regard des tolérances d'approvisionnement.** Ce point fait l'objet de la recommandation 2.2 présentée en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, le dispositif de fermeture du couvercle secondaire des prototypes diffère de celui du modèle de colis. **Le dispositif retenu *in fine* pourrait engendrer des sollicitations plus importantes sur le dispositif de fermeture du couvercle secondaire que celui utilisé pour les prototypes.** Ce point est pris en compte dans la suite du présent avis.

#### Essais de chute

Sur la base des résultats des essais de chute, le requérant conclut que la tenue mécanique du colis est satisfaisante et que le maintien de la matière fissile dans les cavités est assuré dans toutes les conditions de transport.

Sur ce point, pour le prototype P2, une amorce de cisaillement d'une soudure du dispositif de fermeture d'un couvercle secondaire a été relevée à l'issue des essais de chute. La rupture d'une telle soudure pourrait conduire à un découvrage local de la mousse phénolique située sous le dispositif de fermeture du couvercle supérieur endommagé. Dans le cadre de la présente demande, le requérant a évalué les conséquences de ce découvrage sur le comportement thermique du colis lors de l'épreuve réglementaire d'incendie. Ceci est satisfaisant sur le principe. Cette analyse est présentée dans la suite du présent avis.

#### Comportement du colis en température

Les essais de chute ayant été effectués à température ambiante, le requérant a réalisé une étude évaluant les accélérations maximales du colis en tenant compte de la variation en température des propriétés de la mousse phénolique. Selon cette étude, l'accélération maximale du colis, de 340 g, est obtenue pour une température de 60°C (valeur maximale en conditions normales de transport).

Pour l'IRSN, l'accélération du colis devrait être maximale à -40°C, du fait de l'augmentation de la rigidité de la mousse quand la température diminue. **Aussi, le requérant devrait confirmer les résultats obtenus.** Ceci fait l'objet de l'observation 2.2 présentée en annexe 3 au présent avis.

Par ailleurs, dans le cadre de la précédente prorogation d'agrément, l'ASN a demandé au requérant de définir une plage de variation enveloppe de la contrainte d'écrasement des blocs de mousse phénolique sur la plage réglementaire de températures et de prendre en compte dans cette analyse la dispersion possible de la teneur en eau et l'effet du vieillissement. Le requérant a indiqué que les résultats du programme d'essai correspondant sont attendus mi-2016. **L'IRSN recommande que le requérant transmette dès que disponibles ces résultats.** Ceci fait l'objet de la recommandation 1.1 présentée en annexe 1.

### Études complémentaires

Le requérant a complété l'étude du comportement mécanique du colis en conditions accidentelles de transport pour prendre en compte une configuration où les contenus sont décentrés dans leur cavité. Cette étude considère une chute libre du colis, d'une hauteur de 9 m, en position verticale avec un impact côté tête. Elle conclut à la tenue des couvercles primaires des cavités, dont l'ouverture reste limitée (de l'ordre du millimètre).

Dans cette étude, le requérant prend en compte une accélération du colis de 500 g, enveloppe de celles déterminées en considérant la plage réglementaire de températures. Il conviendra que l'exploitant confirme le caractère enveloppe de cette accélération sur la base notamment des résultats du programme de caractérisation en température de la mousse phénolique (cf. § Comportement du colis en température).

Par ailleurs, dans l'étude précitée, le requérant évalue des déformations plastiques dans les éléments de l'enveloppe de confinement du colis. Toutefois, il ne précise pas la modélisation utilisée, notamment les lois de comportement élasto-plastique retenues pour le couvercle primaire, la virole, le système de fermeture et les soudures du couvercle primaire. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2.3 présentée en annexe 1 du présent avis.

Le requérant n'a pas évalué les conséquences d'un éventuel impact différé du contenu sur les couvercles primaires, lié à la présence d'un jeu au moment de l'impact, à l'issue des épreuves de chute représentatives des conditions accidentelles de transport. À cet égard, lors de l'instruction, il a évalué le jeu maximal entre les seaux et les couvercles primaires entre 4,5 mm et 24,75 mm, sur la base de mesures réalisées sur cent cinquante seaux. Toutefois, il n'est pas spécifié de jeu maximal entre les seaux et les couvercles primaires dans le dossier de sûreté.

L'IRSN considère qu'un impact différé du contenu décentré sur le couvercle primaire pourrait augmenter l'ouverture de ce dernier et conduire à un risque de rupture des soudures du dispositif de fermeture des couvercles secondaires. **Aussi, l'IRSN recommande que le requérant définisse un système de calage limitant le jeu entre les seaux et le couvercle primaire de l'emballage de l'ordre de la dizaine de millimètres. À défaut, le requérant devrait démontrer l'absence de risque de dispersion de la matière fissile en dehors des cavités, en évaluant le décollement maximal résiduel du plan de joint des couvercles primaires en cas d'impact différé du contenu.** Ceci fait l'objet de la recommandation n°2.1 présentée en annexe 1.

### Comportement thermique du modèle de colis

L'étude du comportement thermique du colis lors de l'épreuve réglementaire de feu simulant les conditions accidentelles de transport repose, d'une part sur des essais réalisés dans un four avec trois des cinq prototypes (P1, P3 et P4), d'autre part sur deux modèles numériques (un pour le prototype P1 et un pour les prototypes P3 et P4).

Enfin, compte tenu de l'amorce de cisaillement de l'une des soudures du dispositif de fermeture d'un couvercle secondaire observée lors des essais de chute, des calculs complémentaires ont été réalisés afin d'évaluer l'influence d'une rupture de ces soudures.

### Calculs numériques

Le requérant recale les modèles numériques utilisés sur la base des essais réalisés en four. Dans ce cadre, les propriétés thermiques des composants et les coefficients d'échanges thermiques retenus dans le modèle (conductivité, coefficient de convection et émissivité des surfaces) sont ajustés afin d'obtenir une température des joints des couvercles primaires similaire aux températures mesurées lors des essais. Toutefois, l'IRSN estime ce recalage, axé sur des températures très locales, critiquable. En effet, il ne permet pas de justifier la capacité du modèle numérique à reproduire le comportement thermique réel du colis, ni la pertinence des températures calculées pour diverses configurations.

Par ailleurs, concernant le modèle numérique associé au prototype P1, l'émissivité thermique des surfaces externes retenue ne prend pas en compte la présence de suie, tel que spécifiée dans la réglementation citée en deuxième référence.

**En conclusion, l'IRSN recommande que le requérant justifie les hypothèses retenues dans les études, notamment les paramètres recalés ainsi que les propriétés thermiques de la mousse phénolique et de la résine (conductivité thermique, chaleur latente, capacité thermique massique). Ceci fait l'objet de la recommandation n°3.1 présentée en annexe 1.**

Comme indiqué précédemment, le dispositif de fermeture des couvercles secondaires des prototypes diffère de celui du concept du modèle de colis. Pour tenir compte de cette évolution, le requérant a évalué les conséquences d'une rupture d'une soudure de ce dispositif préalablement à l'épreuve thermique réglementaire, conduisant à la mise à nu de la protection neutronique située en partie supérieure de l'emballage. Pour cette étude, il considère une rupture de la soudure sur 10 mm. Toutefois, le requérant ne justifie pas le caractère conservatif de cette hypothèse.

**Aussi, la température maximale calculée par le requérant (147°C) étant proche de la température maximale d'utilisation de la protection neutronique (150°C), l'IRSN estime que, à l'issue de l'épreuve thermique réglementaire, une dégradation de la résine située en partie supérieure de l'emballage n'est pas exclue. Ceci est pris en compte dans la suite du présent avis.**

### Confinement

Du fait de l'activité des contenus objets de la demande (de type A et IP-2), il n'y a pas d'exigence réglementaire concernant le confinement de la matière en conditions accidentelles de transport.

Cependant, s'agissant de contenus fissiles, la sous-criticité doit être démontrée en conditions accidentelles de transport. L'étude de criticité transmise par le requérant considère que la matière fissile reste localisée, dans toutes les conditions de transport, dans les cavités du colis. En conséquence, le maintien de l'étanchéité des couvercles primaires doit être justifié. À cet égard, comme détaillé ci avant, l'IRSN considère que, en l'absence de calage du contenu, un impact décalé de ce dernier sur les couvercles primaires pourrait mettre en cause cette étanchéité. En outre, la température maximale des joints des couvercles primaires lors de l'épreuve réglementaire de feu doit être confirmée en tenant compte des remarques développées ci-avant.

Toutefois, au regard des quantités devant être dispersées pour conduire à un risque de criticité, le conditionnement multiple de la matière fissile (housse de conditionnement éventuelle, seaux et cavité) et sa forme physico-chimique (poudre, pastille ou fragment) apportent des marges de sécurité. **De manière à renforcer ces marges, l'IRSN estime que des contrôles avant expédition du colis pourraient être mis en place pour garantir la fermeture des seaux.** Ceci fait l'objet de la recommandation 4.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

#### Sûreté-criticité

Dans l'étude de criticité, le requérant considère que la matière fissile occupe toute la section interne de la cavité. Par ailleurs, en cohérence avec la définition des contenus, une quantité quelconque d'eau ainsi que 390 g de  $\text{CH}_2$  sont considérés dans chaque cavité de l'emballage pour les contenus n°2 et 4. Une quantité quelconque de  $\text{CH}_2$  est considérée pour le contenu n°7.

Concernant le modèle géométrique défini par le requérant, l'IRSN estime conservatif les endommagements considérés afin de prendre en compte, d'une part les dommages subis à l'issue des essais de chute réglementaires, d'autre part les incertitudes concernant les caractéristiques mécaniques de la mousse phénolique. Toutefois, la modélisation des dommages subis par le colis à l'issue de l'épreuve thermique ne couvre pas les dommages constatés sur certains prototypes. À cet égard, le requérant a transmis au cours de l'instruction une note complémentaire montrant que cet écart n'a pas d'influence sur la réactivité du colis.

Comme indiqué ci-avant, l'IRSN estime que, à l'issue de l'épreuve thermique réglementaire, une dégradation de la résine située en partie supérieure de l'emballage n'est pas exclue. Toutefois, les analyses réalisées par l'IRSN montrent qu'une telle dégradation a une influence limitée sur la réactivité du colis. **Néanmoins, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter l'étude de criticité du colis en prenant en compte une hauteur justifiée de résine brûlée sur toute la circonférence de deux cavités de l'emballage.** Ceci fait l'objet de la recommandation 5.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

Les  $(k_{\text{eff}} + 3\sigma)$  déterminés par l'exploitant, inférieurs aux critères d'admissibilité usuellement retenus, n'appellent pas de remarque de l'IRSN. Le nombre de colis par transport peut être quelconque ( $\text{CSI} = 0$ ).

#### Radioprotection

Le requérant évalue par calculs les intensités maximales de rayonnement au contact et au voisinage du colis, en conditions de transport de routine et en conditions normales de transport. Il conclut que les critères réglementaires sont respectés avec des marges significatives. **L'IRSN estime l'étude de radioprotection transmise globalement satisfaisante.**

Dans le cadre de la prochaine demande de prorogation, cette étude pourrait être cependant mise à jour pour tenir compte des observations 4.1 et 4.2 présentées en annexe 3 du présent avis.

### Risques subsidiaires

Les housses utilisées pour le conditionnement de la matière étant principalement constituées de polyéthylène, le requérant spécifie dans les projets de certificat que l'utilisation de housses est autorisée sous réserve de garantir leur intégrité pour une température d'utilisation supérieure ou égale à 100°C (température maximale dans la cavité du colis déterminée en conditions accidentelles de transport).

Compte tenu que l'étude du comportement thermique du colis en conditions accidentelles de transport requière un certain nombre de compléments de justification, l'IRSN estime nécessaire de ménager une marge entre la température de stabilité thermique des housses et les températures maximales du colis évaluées en conditions accidentelles de transport. À cet égard, lors de l'instruction, le requérant a indiqué qu'il existe une marge entre la température maximale d'utilisation et la température minimale conduisant à la dégradation des housses.

**L'IRSN recommande que le requérant justifie que la température de dégradation par thermolyse des housses de conditionnement utilisées (température maximale d'utilisation supérieure ou égale à 100°C) est supérieure à au moins 120°C.** Ceci fait l'objet de la recommandation 6.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

### Fabrication, utilisation et maintenance du colis

#### Fabrication

Le requérant ne décrit pas dans le dossier de sûreté la nature des soudures de l'enveloppe de confinement du colis, considérées intègres dans l'étude de criticité.

**Aussi, l'IRSN recommande que le requérant indique la nature des soudures de l'enveloppe de confinement du colis et le code de construction mise en œuvre, au regard des fonctions de sûreté et des exigences associées.** Ceci fait l'objet de la recommandation n°7.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

#### Utilisation

La température maximale de la surface externe du colis en conditions normales de transport est compatible avec la plage d'utilisation de la colle utilisée pour fixer les bouchons fusibles sur cette dernière. Ceci est satisfaisant. **Toutefois, l'IRSN recommande que le requérant spécifie dans le dossier de sûreté la plage d'utilisation de cette colle.**

**Par ailleurs, l'IRSN recommande que le requérant ajoute, dans la liste des opérations de préparation du colis, un contrôle visuel des portées de joint des couvercles primaires afin de s'assurer de l'absence de défaut susceptible de mettre en cause leur étanchéité.**

Ces points font l'objet des recommandations 8.1 et 8.2 présentées en annexe 1 du présent avis.

#### Maintenance

Le programme de maintenance de l'emballage comprend principalement des contrôles visuels (couvercle primaire, surface externe...). **L'IRSN estime qu'il devrait être complété sur certains points, concernant notamment les composants de l'enveloppe de confinement.** Ceci fait l'objet des recommandations 9.1 à 9.3 présentées en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, le requérant considère, sans toutefois le justifier, que le risque de corrosion des enveloppes métalliques de l'emballage en contact avec la mousse phénolique est exclu du fait que la concentration en chlore dans cette mousse est inférieure à 20 ppm.

**L'IRSN recommande que le requérant spécifie cette valeur dans le dossier de sûreté et justifie que cette concentration en chlore permet d'exclure le risque de corrosion des parois métalliques.** Ceci fait l'objet de la recommandation 10.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

#### **Retour d'expérience**

Le retour d'expérience transmis indique un certain nombre d'endommagements des passages de fourches utilisés pour la manutention de l'emballage, lors des opérations de levage et de dépose du colis. Des dégradations similaires avaient déjà été signalées dans le cadre de la précédente demande de prorogation d'agrément du colis. Lors de l'instruction, le requérant a indiqué qu'une mise à jour de la notice d'utilisation du colis sera réalisée pour réduire les risques d'endommagement des fourches lors de la manutention du colis.

Le requérant indique que le retour d'expérience des opérations de maintenances ne met pas en évidence de point particulier, sans toutefois présenter d'analyse. **L'IRSN estime que le requérant devrait présenter une synthèse des opérations de maintenance réalisées, notamment des éléments remplacés.** Ceci fait l'objet de l'observation 8.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

#### **Conclusion**

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société AREVA TN, l'IRSN considère que le modèle de colis en objet, tel que défini dans les projets de certificat modifiés par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables, suivant le contenu transporté, aux modèles de colis industriel de type 2 (IP-2) ou de type A pour matière fissile. Toutefois, l'IRSN formule un certain nombre de recommandations pour ce modèle de colis, figurant en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations identifiées en annexe 3 du présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Igor LE BARS,  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté



Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00273 du 5 août 2016

Recommandations de l'IRSN

1 Définition du modèle de colis

- 1.1 Transmettre dès que disponibles les résultats et conclusions du programme d'essai de caractérisation des propriétés mécaniques de la mousse phénolique. Le cas échéant, réévaluer le niveau maximal d'accélération du colis en température.

2 Essais de chute

- 2.1 Mettre en place un système de calage limitant le jeu entre les seaux et le couvercle primaire de l'emballage de l'ordre de la dizaine de millimètres. À défaut, démontrer l'absence de dispersion de matière fissile en évaluant le décollement maximal résiduel du plan de joint à la suite d'un impact différé du contenu sur le couvercle primaire, dans les conditions d'une chute libre du colis en positions verticale ou oblique d'une hauteur de 9 m avec impact côté tête, en tenant compte du décentrage le plus pénalisant des seaux dans la cavité.
- 2.2 Démontrer que les endommagements mesurés sur le prototype P4 à l'issue des essais de chute sont enveloppes de ceux relevés sur les autres prototypes, en tenant compte des caractéristiques minimales et maximales des blocs de mousse phénolique au regard des tolérances d'approvisionnement.
- 2.3 Dans la modélisation de l'impact décentré du contenu sur les couvercles primaires du colis, présenter et justifier les lois retenues pour modéliser le comportement élasto-plastique du couvercle primaire, de la virole, du système de fermeture à baïonnette et des soudures constitutives du couvercle primaire.

3 Thermique

- 3.1 Justifier les hypothèses retenues dans les calculs, notamment les variables ajustées pour le recalage avec les essais en four ainsi que les propriétés thermiques de la mousse phénolique et de la résine considérées (conductivité thermique, chaleur latente, capacité thermique massique).

4 Confinement

- 4.1 Dans l'attente de la mise en œuvre d'un dispositif de calage, définir des modalités de contrôles de la fermeture des seaux avant expédition.

5 Sûreté-criticité

- 5.1 Mettre à jour l'étude de sûreté-criticité du colis en prenant en compte une hauteur justifiée de résine brûlée sur toute la circonférence de deux cavités de l'emballage à l'issue de l'épreuve réglementaire de feu.

6 Thermolyse

- 6.1 Justifier que la température de dégradation par thermolyse des housses de conditionnement utilisées (température d'utilisation garantie à au moins 100°C) est supérieure à 120°C.

7 Fabrication

- 7.1 Indiquer la nature de l'ensemble des soudures de l'enveloppe de confinement du colis et le code de construction mis en œuvre, au regard des fonctions de sûreté et des exigences associées.

8 Utilisation

- 8.1 Spécifier dans le dossier de sûreté la plage d'utilisation de la colle de fixation des bouchons fusibles.
- 8.2 Spécifier un contrôle visuel des portées de joint des couvercles primaires afin de s'assurer de l'absence de défaut susceptible de mettre en cause leur étanchéité.

9 Maintenance

- 9.1 Spécifier des contrôles des soudures entre les composants de l'enveloppe de confinement.
- 9.2 Spécifier un contrôle visuel de l'état de propreté des gorges de joint de l'emballage.
- 9.3 Spécifier une périodicité de remplacement, en nombre de cycles, des joints à lèvre de l'emballage et expliciter les critères de défauts qui conduisent au remplacement de ces joints.

10 Corrosion des aciers

- 10.1 Spécifier dans le dossier de sûreté que le taux de chlore maximum présent dans la mousse phénolique approvisionnée est de 20 ppm. En outre, démontrer que cette concentration n'est pas de nature à induire un risque de corrosion des parois métalliques du colis en tenant compte des cyclages thermiques subis au cours des transports.

**Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00273 du 5 août 2016**

**Modifications apportées par l'IRSN aux projets de certificat transmis par le requérant**

Les points mentionnés ci-après en caractères gras sont ceux pour lesquels le requérant n'a pas donné son accord.

1 Projet de certificat concernant le modèle de colis de type A pour matière fissile (contenu n° 2 et contenu n° 7)

1.1 Annexe 2

a. Ajout de la mention :

« Le bore contenu dans les anneaux en acier boré est du bore naturel. »

b. Ajout de la mention :

« L'épaisseur des seaux en acier inoxydable est au minimum égale à 1 mm. »

2 Projet de certificat concernant le modèle de colis de type IP-2 pour matière fissile (contenu n° 4)

2.1 Annexe 4 :

a. Ajout de la mention :

« Le bore contenu dans les anneaux en acier boré est du bore naturel. »

b. Ajout de la mention :

« L'épaisseur des seaux en acier inoxydable est au minimum égale à 1 mm. »

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00273 du 5 août 2016

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

1 Arrimage

- 1.1 Décrire précisément les configurations d'arrimage utilisant des sangles (nombre, nature, tension des sangles...).
- 1.2 Justifier que la tension de serrage des sangles, au regard de leur positionnement et de leur inclinaison, n'est pas de nature à engendrer des déformations dans la structure de l'emballage.
- 1.3 Étudier la possibilité de définir un critère de surface unique à respecter pour les cales positionnées entre les colis en considérant la configuration la plus pénalisante.

2 Essais de chute

- 2.1 Confirmer qu'une variation des propriétés mécaniques des aciers du colis et des prototypes, au regard des tolérances d'approvisionnement et en tenant compte de leur variation sur la plage réglementaire de températures, n'est pas de nature à mettre en cause le maintien des fonctions de sûreté du colis à l'issue des épreuves de chute simulant les conditions accidentelles de transport.
- 2.2 Justifier la pertinence des calculs d'accélération du colis sur la plage de températures réglementaire.

3 Confinement

- 3.1 Justifier la tenue mécanique des composants de l'enveloppe de confinement en tenant compte du cumul de la pression interne à la température maximale atteinte dans les cavités dans toutes les conditions de transport et de la vaporisation de l'eau résiduelle présente dans les poudres.

4 Radioprotection

- 4.1 Mettre à jour l'étude de radioprotection en considérant un spectre isotopique enveloppe du contenu n° 4 tenant compte d'une teneur en  $^{235}\text{U}$  de l'uranium de 5 %.
- 4.2 Confirmer l'exhaustivité de l'inventaire radiologique du contenu n° 4 pris en compte.

5 Sûreté-criticité

- 5.1 Mettre en cohérence les épaisseurs de mousse phénolique des bouchons mentionnées dans l'étude de criticité avec celles du chapitre de description de l'emballage, et le cas échéant, mettre à jour les résultats de calcul.
- 5.2 Supprimer les huit tubes de renforcement du système d'isolement considéré.
- 5.3 Évaluer les conséquences de l'éventuel vieillissement de la résine sur les propriétés neutrophages de la résine située autour des cavités du colis.
- 5.4 Transmettre une analyse détaillée de la qualification du schéma de calcul, en présentant les expériences critiques sélectionnées et leur représentativité par rapport aux configurations traitées.

5.5 Mettre à jour l'étude de sûreté-criticité du dossier de sûreté en incluant l'ensemble des éléments transmis au cours de l'instruction.

6 Utilisation

6.1 Étudier la faisabilité d'utiliser un moyen déporté pour réaliser la mesure d'intensité maximale de rayonnement sous le colis.

7 Corrosion des aciers

7.1 Justifier que les conditions d'entreposage de l'emballage découpé sur lequel repose les démonstrations de sûreté sont représentatives des conditions d'utilisation et d'entreposage des emballages TNF-XI notamment en termes de température d'entreposage et d'humidité ambiante.

8 Retour d'expérience

8.1 Présenter une synthèse des opérations de maintenance et d'exploitation indiquant notamment la consommation de pièces de rechange.