

Fontenay-aux-Roses, le 22 juillet 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00251

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 17/2 chargé d'aiguilles PHENIX irradiées

- Réf.**
1. Lettre ASN CODEP-DTS-2015-014895 du 15 avril 2015
 2. Règlement de transport de l'AIEA, n° SSR-6, édition 2012

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande de prorogation présentée par la société TN International, pour le modèle de colis TN 17/2 version C chargé d'aiguilles PHENIX (contenus n° 12 et n° 13).

L'emballage TN 17/2 existe en trois versions (A, B et C). La demande de prorogation d'agrément précitée concerne l'emballage TN 17/2 version C, utilisé pour le transport d'aiguilles PHENIX irradiées entre le site CEA de Marcoule et l'établissement AREVA NC de La Hague, en tant que colis de type B(M). En effet, la tenue des joints d'étanchéité en élastomère et l'absence de risque de rupture fragile des éléments métalliques de l'enveloppe de confinement sont démontrées pour une température ambiante supérieure à -27°C, alors que la réglementation citée en seconde référence retient une température minimale de -40°C.

Pour rappel, les modèles de colis TN 17/2 versions A et B ont fait l'objet d'un examen de l'IRSN en 2015, dans le cadre de la prorogation de leurs agréments. Les observations formulées dans cette expertise applicables à la version C sont précisées en annexe 4 du présent avis.

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

De l'expertise des démonstrations de sûreté présentées par le requérant par rapport au règlement cité en seconde référence, l'IRSN retient les points suivants.

Description du modèle de colis

Emballage

La version C de l'emballage TN 17/2 correspond aux versions A et B modifiées par l'introduction d'un canister étanche dans la cavité de l'emballage. Ainsi, l'emballage TN 17/2 version C, de forme générale cylindrique, présente deux barrières d'étanchéité indépendantes.

La barrière interne est constituée par le canister et son système de fermeture en acier inoxydable. La surface externe de ce canister est équipée de profilés en aluminium servant à la dissipation

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

thermique. La barrière externe est constituée par le corps de l'emballage en acier forgé épais et son système de fermeture en acier inoxydable. La surface externe de l'emballage est recouverte d'une couche de résine, visant à atténuer les rayonnements neutroniques, coulée entre des ailettes assurant la dissipation thermique. À chaque extrémité de l'emballage est fixé un capot amortisseur de choc rempli de blocs de bois.

Dans le dossier de sûreté expertisé, le requérant a supprimé de la partie descriptive des emballages, le silicone constituant la protection externe de la résine neutrophage. En effet, il considère que ce revêtement ne participe à aucune fonction de sûreté du modèle de colis. Il indique néanmoins qu'à chaque cycle de transport, un contrôle de l'état de ce revêtement est effectué.

Sur le principe, la fonction de ce revêtement n'est pas décrite dans le dossier de sûreté. De plus, les mécanismes de vieillissement de la résine en l'absence de silicone, et les conséquences associées, ne sont pas analysés. De ce fait, l'IRSN estime que le requérant devrait préciser le rôle de ce revêtement et analyser les conséquences potentielles de sa dégradation afin de justifier la suppression de sa définition dans les dossiers de sûreté des emballages. Ce point fait objet de l'observation 2.1 présentée en annexe 3 au présent avis.

Contenu et des aménagements internes

Les contenus n° 12 et n° 13 sont constitués d'aiguilles fissiles ou fertiles irradiées ou non dans le réacteur PHENIX. Ces aiguilles sont conditionnées, soit dans un étui lui-même conditionné dans un conteneur d'épaisseur renforcée, soit dans un étui d'épaisseur renforcée. Les étuis ou conteneurs, qui sont fermés de manière étanche, sont chargés dans la cavité du canister par deux paniers superposés, disposant chacun de 12 logements (paniers PHENIX supérieur et inférieur). Deux hauteurs sont spécifiées pour les étuis et les conteneurs. Le cas échéant, une cale est placée au fond de logement pour limiter les jeux.

Le contenu n° 12 est composé de 20 étuis ou conteneurs d'aiguilles fissiles ou fertiles (10 étuis au plus par panier). Le contenu n° 13 est composé de 24 étuis ou conteneurs d'aiguilles fertiles. Le taux de combustion maximal est de 152 GWj/t_{OX} et 37,5 GWj/t_{ML} respectivement pour les aiguilles fissiles et fertiles. Leur temps de refroidissement minimal est de 72 mois.

Les aiguilles PHENIX sont conditionnées en étui ou conteneur dans les cellules blindées de l'installation PHENIX. Pour cela, les assemblages combustibles irradiés sont démantelés (découpe de la partie externe de forme hexagonale) et les aiguilles extraites. En préalable, les assemblages sont lavés à l'eau pour éliminer le sodium résiduel puis séchés par circulation forcée d'azote (dont la durée de séchage et la composition des gaz extraits sont contrôlées). À cet égard, la qualification de cette opération de séchage n'est pas présentée dans le dossier de sûreté de l'emballage. Pour rappel, la présence d'eau dans le contenu est susceptible d'entraîner, du fait de sa radiolyse, un risque d'explosion d'hydrogène. Sur ce point, l'exploitant de l'installation PHENIX a présenté une étude analytique démontrant qu'une durée de séjour des aiguilles de l'ordre de 20 heures, dans un environnement assurant une convection naturel à l'intérieur de la cellule blindée dont l'atmosphère est constituée d'azote, est suffisante pour que l'eau résiduelle à la surface d'aiguilles uniquement égouttées s'évapore. En l'état actuel des démonstrations, l'IRSN recommande que l'expéditeur garantisse que les aiguilles séjournent, au moins une vingtaine d'heures à l'intérieur d'une cellule

inertée dans des conditions de convection naturelle, après l'opération de lavage / séchage de l'assemblage et en préalable à leur chargement dans les étuis. Ce point fait objet de la recommandation 1.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

En outre, le requérant devra présenter et justifier les mesures mises en œuvre pour garantir l'absence d'eau dans les étuis, notamment en présentant les éléments de qualification du procédé de séchage des assemblages. Ce point fait objet de l'observation 1.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

Évolutions du modèle de colis

Les modifications apportées au modèle de colis dans le cadre de la présente demande de prorogation sont liées à des améliorations des concepts du capot de fond ainsi que des tampons et sièges de tampon. Par ailleurs, le dossier de sûreté du modèle de colis a été mis à jour afin de prendre en compte les évolutions apportées par la révision de la réglementation de transport de l'AIEA citée en seconde référence.

Comportement mécanique en conditions de transport de routine

L'emballage TN 17/2 est équipé de trois paires de tourillons utilisés pour son arrimage en position horizontale sur le véhicule de transport ainsi que pour sa manutention en positions verticale et horizontale. Dans le cadre de la dernière prorogation d'agrément du modèle de colis TN 17/2 versions A et B, l'IRSN a estimé les démonstrations de la tenue mécanique de ces organes satisfaisantes. La masse maximale en charge de la version C du modèle de colis étant inférieure à celles des versions A et B, les conclusions de l'expertise de l'IRSN restent pertinentes.

En outre, un groupe de travail de l'AIEA a recommandé de nouvelles valeurs d'accélération associées aux conditions de transport de routine. **L'IRSN estime que la société TN International devrait justifier le caractère enveloppe des accélérations prises en compte dans le dimensionnement des composants du colis au regard de ces valeurs.** Ce point fait objet de l'observation 3.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

Comportement mécanique en conditions normales et accidentelles de transport

La justification de la tenue mécanique du modèle de colis TN 17/2 version C en conditions accidentelles de transport repose sur celle réalisée pour les versions A et B complétée par des calculs, numériques et analytiques, visant à justifier la tenue du bouchon de l'emballage, du canister, des paniers et des étuis ou des conteneurs PHENIX. Dans le cadre de la présente instruction, ces calculs ont été mis à jour afin de prendre en compte l'accélération maximale déterminée en tenant compte de la dispersion des caractéristiques du bois et des variations de température. Ces démonstrations, qui n'appellent pas de commentaire, ne prennent pas en compte les conséquences d'éventuels impacts décalés induit par les jeux internes entre les différents éléments du colis.

Sur ce point, la société TN International a transmis un bilan des jeux maximaux et minimaux présents dans la cavité de l'emballage TN 17/2 version C. L'IRSN considère que le jeu entre le bouchon de l'emballage et le canister, de l'ordre de quelques millimètres, est optimisé. Les jeux entre, d'une part le couvercle du canister, d'autre part le panier supérieur et les étuis ou conteneurs chargés sont

compris entre environ 30 mm et 10 mm. Compte tenu des caractéristiques du système de fermeture du couvercle du canister, l'IRSN estime que les sollicitations induites par des impacts décalés des étuis ou des conteneurs du panier supérieur ne sont pas de nature à mettre en cause la tenue de ce couvercle. **À cet égard, le requérant devrait, dans le cadre de la prochaine prorogation du modèle de colis, présenter une analyse de la tenue du couvercle de canister tenant compte des sollicitations induites par des impacts décalés des étuis ou des conteneurs sur le couvercle.** Ce point fait l'objet de l'observation 4.2 présentée en annexe 3 du présent avis.

Pour ce qui concerne les couvercles des conteneurs et des étuis, les jeux axiaux des aiguilles dans la cavité des étuis sont importants. L'IRSN estime que les marges dégagées dans les démonstrations du requérant ne sont pas suffisantes pour garantir l'intégrité des conteneurs et des étuis. Sur ce point, les justifications de radioprotection en conditions accidentelles de transports considèrent que la matière reste localisée dans leur conditionnement. Pour la prévention des risques de criticité, elle est supposée localisée dans leur logement de panier. À cet égard, il est à noter que les caractéristiques des aiguilles PHENIX, qui sont avec un gainage acier, apportent des marges au regard des risques de dispersion de la matière. **Néanmoins, dans la cadre de la prochaine prorogation, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter ses justifications en tenant compte d'un éventuel impact décalé lié aux jeux internes dans les étuis.** Ce point fait l'objet de l'observation 4.3 présentée en annexe 3 du présent avis.

Comportement thermique en conditions normales et accidentelles de transport

La société TN International n'a pas modifié les études de comportement thermique du modèle de colis en conditions normales de transport.

Les analyses du comportement thermique du colis lors de l'épreuve de feu simulant les conditions accidentelles de transport ont été révisées en tenant compte, dans la partie ailetée du corps de l'emballage, d'un coefficient d'échange convectif représentatif d'un régime forcé, corrigé par un facteur correspondant au rapport entre la surface d'échange des ailettes et de la surface externe. La température maximale atteinte au niveau des joints d'étanchéité du modèle de colis ne met pas en cause le maintien de leur étanchéité. Ces points n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

Le requérant ne prend pas en compte dans ses études une éventuelle poursuite de la combustion du bois de capot après l'épreuve de feu. Compte tenu de la marge entre la température maximale atteinte par les joints du bouchon de l'emballage et leur température maximale d'utilisation, l'IRSN considère que l'augmentation potentielle de température liée à ce phénomène n'est pas de nature à mettre en cause l'étanchéité du colis en conditions accidentelle de transport.

Risque lié à la radiolyse de l'eau

Le requérant ne présente pas d'analyse de risque lié à la radiolyse de l'eau car il considère dans ses démonstrations l'absence d'eau dans les étuis. Ce point est abordé précédemment dans le présent avis (cf. § Description du contenu et des aménagements internes).

En outre, les cellules blindées du réacteur PHENIX, dans lesquelles les assemblages sont démantelés et les aiguilles mises en étui, sont inertées. Des mesures de concentration d'oxygène ont montré

qu'après douze heures de séjour dans ces cellules, l'atmosphère des étuis ouverts est équivalente à celle de ces cellules. Cet inertage de l'étui limite les risques d'explosion en cas de séchage incomplet des aiguilles et d'accumulation de dihydrogène produit par radiolyses.

Aussi, de manière à ménager des marges, l'IRSN recommande que l'expéditeur garantisse qu'avant leur fermeture, les étuis ouverts ont séjourné une douzaine d'heures dans des cellules inertées. Ce point fait objet de la recommandation 1.2 présentée en annexe 1 du présent avis.

Confinement, radioprotection

La société TN International n'a pas modifié significativement les justifications relatives au confinement et à la radioprotection du modèle de colis TN 17/2 version C. Pour rappel, lors de l'épreuve d'immersion, la quantité d'eau susceptible de pénétrer dans la cavité du colis est estimée à 400 g. Ceci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.

Sûreté-criticité

Le modèle de colis TN 17/2 version C présente une double barrière d'étanchéité de haute qualité. Aussi, en conditions accidentelles de transport, l'analyse de la sûreté-criticité du requérant prend en compte uniquement la quantité d'eau susceptible de pénétrer lors de l'épreuve d'immersion (400 g). Le contenu (aiguilles, étuis et conteneurs) est supposé ruiné et localisé dans leur logement de panier. Compte tenu des compléments apportés concernant le séchage des aiguilles PHENIX, ceci n'appelle pas de remarque.

Les calculs effectués par le requérant concluent aux respects des critères définis dans la réglementation. Dans ces conditions, le nombre de colis par transport est quelconque (CSI = 0). Les conclusions du requérant n'appellent pas de remarque particulière de l'IRSN..

Utilisation et maintenance

Utilisation

Les instructions d'utilisation du modèle de colis ont été mises à jour afin d'intégrer dans les procédures de chargement de l'emballage :

- un contrôle garantissant l'absence d'eau dans tous les conteneurs,
- un contrôle de vacuité des logements des paniers à charger (absence de corps étrangers),
- l'utilisation systématique de cales pour le transport de conteneurs de hauteur réduite et un contrôle de bonne position des cales.

Concernant le serrage des vis de l'emballage, un temps d'attente entre la pose des vis et leur serrage au couple est à présent spécifié pour les vis des systèmes de fermeture du canister et de l'emballage, afin d'assurer une homogénéité thermique entre les composants de l'assemblage vissé. De même, afin limiter le risque de desserrage des vis de capots amortisseurs des emballages de la famille MARK II, le requérant a spécifié un couple de serrage augmenté. Toutefois, les détails relatifs au contrôle de l'absence d'eau dans les conteneurs ne sont pas présentés. Ceux-ci devraient être complétés conformément à l'observation 1.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

Maintenance

Les opérations de maintenance ne prévoient pas l'extraction du canister pour contrôle (profilé en aluminium, surface externe de la virole du canister...). De plus, un joint en élastomère, placé sur le canister, assure l'étanchéité de l'espace entre le corps de l'emballage et le canister. Ce joint subit un contrôle d'étanchéité à la réception de l'emballage, mais pas en maintenance. Or, ce joint empêche l'eau de pénétrer dans cet espace lors des opérations de déchargement sous eau du colis. Il participe donc à limitation de la quantité d'eau présente dans l'enveloppe de confinement. Par ailleurs, en cas d'eau dans l'espace précité, des phénomènes de couplage galvanique entre l'aluminium des profilés du canister et les aciers ne peuvent pas être exclus. Aussi, l'IRSN recommande que le programme de maintenance du canister soit complété. Ceci fait l'objet de la recommandation 2.1 présentée en annexe 1 du présent avis.

La société TN International a transmis le retour d'expérience acquis lors de l'exploitation et de la maintenance de l'emballage TN 17/2, entre 2011 et 2015 (représentant 14 cycles de transport). Sur cette base, elle a mis en œuvre un plan d'action (ajout de contrôles...) qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Conclusion

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par le requérant et en considérant l'absence d'eau résiduelle dans les étuis, l'IRSN estime que le modèle de colis en objet, 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(M) pour matière fissile. Toutefois, le programme de maintenance du canister de ce colis devrait être complété.

Concernant l'eau résiduelle dans les étuis, la qualification du procédé de séchage des aiguilles des assemblages PHENIX n'est pas détaillée par le requérant dans son dossier. À cet égard, afin de limiter les risques liés à la présence d'eau, l'IRSN estime que le requérant devrait prendre en compte les recommandations présentées en annexe 1, relatives aux durées minimales de séjour, en cellules inertées, des aiguilles non conditionnées et des étuis ouverts.

Les modifications apportées par l'IRSN dans le projet de certificat transmis par le requérant sont détaillées en annexe 2.

Enfin, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations présentées en annexe 3.

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

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00251 du 22 juillet 2016

Recommandations de l'IRSN

1 Présence d'eau résiduelle dans les étuis

- 1.1 Garantir que les aiguilles ont séjourné dans une cellule inertée au moins une vingtaine d'heures, dans les conditions assurant une convection naturelle, après l'opération de lavage / séchage des assemblages et en préalable à leur chargement en étuis.
- 1.2 Garantir que les étuis ouverts ont séjourné au moins une douzaine d'heures dans une cellule inertée.

2 Maintenance

2.1 Compléter le programme de maintenance du canister :

- a. par un contrôle de bon état de ses composants externes,
- b. par un contrôle d'étanchéité du joint assurant l'étanchéité de l'espace inter-cavité entre le corps de l'emballage et le canister et le critère de remplacement de ce joint.

La fréquence de ces contrôles devra être justifiée.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00251 du 22 juillet 2016

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

1 Modalité d'expédition (annexe t du projet de certificat)

- 1.1 L'ajout de la limitation de la pression ambiante admissible : « Pour les transports dont l'itinéraire passe à des altitudes supérieures à 1000 m, la pression ambiante prévue à ces altitudes au moment du passage ou de l'entreposage du colis chargé ne devra pas être inférieure à 0,85 bar ».

2 Description de l'emballage (annexe 0 du projet de certificat)

- 2.1 La correction de référence applicable :
- a. des plans de concept de l'emballage version C,
 - b. du plan de concept du canister.
- 2.2 La précision que les conduits d'évent et de drainage de l'emballage sont équipés de tampon et siège de tampon de « type b ».

3 Conditions de chargement (paragraphe 2 des annexes 12 et 13 du projet de certificat)

- 3.1 L'ajout des spécifications suivantes :
- a. « Avant leur fermeture, les étuis ouverts doivent séjourner au moins une douzaine d'heures dans une cellule inertée ».
 - b. « Seuls les étuis contenant les aiguilles ayant séjourné au moins une vingtaine d'heures dans une cellule inertée et dans les conditions assurant une convection naturelle, après l'opération de lavage / séchage des assemblages et en préalable à leur chargement dans les étuis, peuvent être transportés ».

4 Étude de criticité (paragraphe 4 des annexes 12 et 13 du projet de certificat)

- 4.1 L'ajout de la spécification : « La démonstration de la sous-criticité est réalisée avec une quantité d'eau limitée ».

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00251 du 22 juillet 2016

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

1 Contrôle de l'absence d'eau dans les étuis et des conteneurs

- 1.1 Présenter et justifier les mesures mises en œuvre pour garantir l'absence d'eau dans les étuis, notamment en présentant les éléments de qualification du procédé de séchage des assemblages.

2 Description du modèle de colis

- 2.1 Préciser les fonctions associées au revêtement de la protection neutronique des emballages et les conséquences potentielles de sa dégradation sur le niveau de sûreté du colis. Le cas échéant, spécifier dans le dossier de sûreté des emballages la plage de température d'utilisation en régime continu du revêtement utilisé.
- 2.2 Mettre à jour le dossier de sûreté afin de spécifier la composition des gaz présents dans la cavité des étuis et des conteneurs.

3 Comportement mécanique en conditions de transport de routine

- 3.1 Justifier le caractère enveloppe des accélérations prises en compte dans le dimensionnement des composants du colis au regard des valeurs recommandées par le groupe de travail de l'AIEA dédié aux sollicitations du colis en conditions de transport de routine.

4 Comportement mécanique en conditions normales et accidentelles de transport

- 4.1 Compléter les démonstrations de la tenue des gaines des aiguilles PHENIX en conditions normales de transport :
- a. en spécifiant les caractéristiques mécaniques minimales de l'inconel utilisé comme matériau de gainage (avec la prise en compte de l'irradiation des aiguilles),
 - b. en étudiant le comportement des aiguilles lors d'une chute représentative des conditions normales de transport avec le colis en position verticale ou inclinée.
- 4.2 Analyser la tenue du couvercle de canister en tenant compte des sollicitations induites par l'impact décalé des conteneurs ou des étuis sur le couvercle,
- 4.3 Analyser la tenue des étuis et conteneurs en tenant compte de l'impact décalé des aiguilles.

5 Comportement thermique en conditions accidentelles de transport

- 5.1 Analyser les conséquences potentielles d'une poursuite de la combustion du bois de capot après l'épreuve de feu.

6 Dimensionnement des joints

- 6.1 Intégrer, dans le dossier de sûreté, la justification que le taux de remplissage de la gorge des joints externes des bouchons (de l'emballage et du canister) et des tapes de fermeture des orifices reste inférieur à 100 %.

Annexe 4 à l'avis IRSN n° 2016-00251 du 22 juillet 2016

Rappel des observations de l'IRSN issues de l'expertise relative à la prorogation d'agrément du modèle de colis version A et B

- 1 Impact du châssis
 - 1.1 Justifier le caractère enveloppe des propriétés mécaniques des matériaux constitutifs des châssis prises en compte pour évaluer le comportement en chute du colis équipé de son châssis de transport routier et ferroviaire. Prendre en compte l'influence du surcroît de masse apporté par le châssis dans l'analyse du risque de talonnement des capots amortisseurs en cas de chute oblique du colis équipé de son châssis avec impact sur le colis.

- 2 Rupture brutale
 - 2.1 Justifier que les contrôles non destructifs effectués lors de la fabrication des emballages ont permis de garantir, dans la soudure entre le fond et la virole de l'emballage, l'absence de défaut de taille supérieure à celle du défaut de référence considéré dans l'analyse du risque de rupture brutale.
 - 2.2 Évaluer les contraintes maximales dans l'enveloppe de confinement du modèle de colis sur la base, soit d'un calcul de contrainte en supposant un comportement élastoplastique de l'acier avec un bloc fissuré représentant le défaut, soit d'un calcul de contrainte en supposant un comportement élastique linéaire de l'acier, sans défaut, suivi de la prise en compte d'une correction de plasticité selon une formulation tabulée dans des codes de mécanique de la rupture.

- 3 Confinement
 - 3.1 Justifier le coefficient de perméation retenu pour le tritium.

- 4 Utilisation et maintenance
 - 4.1 Identifier l'origine des endommagements du colis relevés lors des opérations de maintenance et d'utilisation des emballages et mettre en place des actions correctives adaptées afin de limiter l'occurrence de tels événements. En cas d'écart affectant un élément de l'enveloppe de confinement du colis, démontrer la pertinence des critères retenus pour juger de l'acceptabilité du composant réparé.

- 5 Assurance de la qualité
 - 5.1 Transmettre à l'Autorité de Sûreté Nucléaire les dispositions prises, en tant que requérant, concepteur, fabricant ou propriétaire d'emballages TN 17/2, pour informer les clients ou partenaires concernés directement ou indirectement par l'utilisation ou la maintenance des emballages, des exigences de sûreté relatives aux activités décrites dans le dossier de sûreté et de leur actualisation.