

Fontenay-aux-Roses, le 2 août 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2019-00190

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 24 D chargé de combustibles irradiés.

Réf. [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2018-033512 du 5 juillet 2018.
[2] Règlement de transport de l'AIEA édition de 1985 (revue en 1990).

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 le dossier de sûreté joint à la demande de prorogation d'agrément, présentée par la société TN international, dénommée ci-après le requérant, en avril 2018, pour le modèle de colis TN 24 D.

Le modèle de colis TN 24 D est utilisé, en Belgique, pour le transport et l'entreposage de longue durée d'assemblages combustibles irradiés. À cet égard, les exemplaires existants sont déjà chargés et entreposés. Le dernier certificat d'agrément pour le transport sur la voie publique a expiré le 31 janvier 2018.

La demande précitée concerne l'agrément pour le transport routier, ferroviaire ou maritime, en tant que colis de type B(U) chargé de matières fissiles de l'emballage TN 24 D chargé de 28 assemblages combustibles, de type 17x17, à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans un réacteur à eau sous pression (REP). Le dossier de sûreté transmis en appui de celle-ci tient compte des demandes formulées par l'ASN lors de la précédente prorogation d'agrément de ce modèle de colis. Par ailleurs, le requérant a fait évoluer les caractéristiques thermiques du contenu.

De l'expertise de ce dossier par rapport au règlement cité en seconde référence, tenant compte des informations complémentaires transmises par le requérant, l'IRSN retient les points suivants.

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

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

L'emballage TN 24 D, de forme générale cylindrique, est composé d'un corps et d'un système amortisseur. Le corps est constitué d'une virole en acier, recouverte radialement de résine neutrophage traversée par des conducteurs thermiques. La virole est fermée à une extrémité, par un fond en acier soudé et à l'autre par deux couvercles en acier inoxydable vissés : un couvercle primaire équipé de joints métalliques et un couvercle secondaire équipé de joints en élastomère. Le couvercle primaire inclut une résine neutrophage. Le couvercle secondaire n'est

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

pas considéré comme faisant partie de l'enveloppe de confinement. Par conséquent, le confinement de la matière radioactive est assuré par le couvercle primaire et ses joints. Un orifice, donnant accès à la cavité, traverse le couvercle primaire. Il est fermé par un système de tampon, d'anneau de serrage et de tape. L'emballage est équipé de six tourillons, pour son arrimage et sa manutention.

Le système amortisseur de choc est composé de capots de tête et de fond (blocs de bois placés dans un caisson en acier) ainsi que de couronnes en aluminium. Le concept du capot de tête a été modifié lors de la précédente prorogation de l'agrément du modèle de colis (augmentation des épaisseurs de bois...).

Des lunules, fixées sur les parois internes de la virole, confèrent une forme presque octogonale à la cavité et assurent le calage radial du panier. Ce dernier est constitué de profilés en H en aluminium boré, entrecroisés, qui délimitent 28 logements. Les assemblages combustibles sont placés dans ces logements selon leurs caractéristiques (puissance thermique...).

2 COMPORTEMENT MECANIQUE

2.1 Conditions de transport de routine

Le requérant a révisé l'étude du comportement mécanique des organes de manutention et d'arrimage afin de prendre en compte les valeurs d'accélération recommandées par le groupe de travail organisé par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). **Ceci est satisfaisant.**

Pour évaluer le couple de serrage des vis des tourillons et des couvercles, et plus globalement le comportement mécanique du colis, le requérant considère le graissage des vis uniquement sur les filets, conformément aux spécifications d'utilisation du modèle de colis. Cependant, le retour d'expérience acquis pour plusieurs modèles de colis montre des graissages sous la tête de vis alors que la spécification d'utilisation l'interdisait (du fait d'une quantité trop importante de graisse placée sur les filets par exemple). Or, l'application dans ce cas du couple de serrage ne considérant pas ce graissage peut conduire à approcher la limite élastique des matériaux des vis (induisant un risque de desserrages de vis), voire la dépasser (induisant une déformation des éléments vissés). Pour les exemplaires déjà chargés, le requérant ne dispose pas d'élément permettant d'exclure la présence involontaire de graisse sous la tête de vis. **Aussi, l'IRSN recommande qu'il évalue le risque de desserrage, voire de déformation des vis et des taraudages, dans les conditions d'entreposage, dans le cas d'un graissage sous tête de vis des tourillons et des couvercles. Ceci fait l'objet de la recommandation 1.1 de l'annexe 1 à l'avis.**

Un graissage involontaire sous tête de vis devrait également être pris en compte dans l'étude de la tenue en fatigue des vis de fixation des tourillons. Cette étude montre cependant l'existence des marges de sûreté à l'égard des phénomènes de fatigue. **Ce point fait l'objet de l'observation 1.1 de l'annexe 2 à l'avis.**

Par ailleurs, la température en entreposage des emballages peut influencer le comportement des vis, et donc leur configuration au moment du transport. Or, les calculs de contraintes du dossier de sûreté sont effectués à la température atteinte en conditions normales de transport. Une température plus élevée pendant l'entreposage pourrait induire un risque de desserrage, voire une déformation, des vis. **Aussi, l'IRSN recommande que le requérant précise, dans la notice d'utilisation du modèle de colis, la température maximale des vis en entreposage. Ceci fait l'objet de la recommandation 1.2 de l'annexe 1 à l'avis.**

Enfin, la précharge spécifiée pour les vis de fixation des capots conduit à une contrainte dans ces vis représentant une faible fraction de la limite élastique de leur matériau. Ceci entraîne un risque de desserrage de ces vis au cours du transport. Le retour d'expérience acquis pour d'autres modèles de colis confirme ce risque. **Aussi, l'IRSN estime**

que le requérant devrait proposer des dispositions pour limiter le risque de desserrage des vis des capots, en augmentant leur précharge par exemple. Ceci fait l'objet de l'observation 1.2 de l'annexe 2 à l'avis.

Le requérant n'a pas évalué le comportement des éléments du colis en cumulant les contraintes de flexion générées par la pression et celles associées aux accélérations considérées en conditions de transport de routine (CTR). Toutefois, les contraintes induites par la pression sur les principaux éléments de l'emballage ont été déterminées avec une pression supérieure à la pression maximale en conditions accidentelles de transport (CAT), dégageant des marges significatives au regard des accélérations précitées.

2.2 Conditions normales de transport

Le requérant n'étudie pas le comportement mécanique du colis en conditions normales de transport, considérant que l'étude relative aux conditions accidentelles de transport est enveloppe. Formellement, le dossier de sûreté devrait justifier que le cumul des épreuves simulant les conditions normales et accidentelles de transport ne modifie pas les conclusions de l'étude du comportement du modèle de colis pour les seules conditions accidentelles. Ceci fait l'objet de l'observation 1.3 de l'annexe 2 à l'avis.

En cours d'expertise, afin de justifier le maintien du contact entre les conducteurs en cuivre et la virole, le requérant a évalué la tenue des vis de fixation avec rondelles de ces conducteurs et justifié l'absence de matage des conducteurs sous l'effet de la dilatation thermique. Ceci est satisfaisant. Toutefois, l'IRSN considère qu'il devrait compléter la démonstration en étudiant la flexion de la rondelle en appui sur un trou oblong et en s'assurant du maintien du serrage des vis soumises à des variations de température notamment en entreposage. Ceci fait l'objet de l'observation 1.4 de l'annexe 2 à l'avis.

2.3 Conditions accidentelles de transport

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN 24 D en conditions accidentelles de transport repose sur des essais de chutes et des calculs numériques.

À cet égard, la justification de la tenue du système de fermeture du modèle de colis en chute oblique repose sur une comparaison avec les résultats obtenus pour une chute axiale que le requérant estime pénalisants. Toutefois, il n'a pas démontré que les sollicitations, particulièrement au niveau de ce système de fermeture, étaient similaires pour ces deux configurations de chute. Ceci fait l'objet de l'observation 1.5 de l'annexe 2 à l'avis.

Lors de la précédente prorogation d'agrément, le requérant a augmenté les épaisseurs de bois du capot de tête et modifié le dossier de sûreté en conséquence. Cette modification a augmenté les marges avant l'atteinte du talonnement des blocs de bois, ce qui est satisfaisant. Toutefois, certaines configurations de chute conduisent encore à l'écrasement d'une proportion importante du bois du capot de tête. À cet égard, le dossier de sûreté ne justifie pas la modélisation du comportement du bois, notamment en température (caractéristiques mécaniques et loi de comportement du bois dès le début du talonnement). Pour rappel, ces modélisations font actuellement l'objet d'une étude générique. En tout état de cause, les marges de sûreté disponibles devraient être évaluées. Ce point fait l'objet de l'observation 1.6 de l'annexe 2 à l'avis.

Le requérant écarte le risque de rupture brutale de la virole et du fond à basse température, en s'appuyant sur une analogie avec un autre modèle de colis. Même si certaines spécificités géométriques du modèle de colis TN 24 D n'ont pas été considérées, les résultats obtenus dégagent des marges significatives. Toutefois, le requérant devrait préciser la qualification des liaisons soudées. Par ailleurs, l'analyse du risque de rupture fragile repose sur la définition d'un défaut de référence dont les caractéristiques doivent être cohérentes avec les performances des

moyens de contrôle employés au moment de la fabrication. **L'IRSN considère que l'analyse du requérant devrait être complétée sur ces points. Ceci fait l'objet des observations 1.8 et 1.9 de l'annexe 2 à l'avis.**

Concernant la sensibilité du modèle de colis à un impact différé du contenu sur le système de fermeture, le requérant a évalué les jeux, d'une part entre le panier et le couvercle, d'autre part entre les assemblages combustibles et le couvercle. Il considère ces jeux limités et n'envisage pas la mise en place d'un calage supplémentaire. **Ceci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN. Le requérant devrait intégrer ces éléments dans le dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de l'observation 1.7 de l'annexe 2 à l'avis.**

En outre, dans sa demande de prorogation d'agrément, le requérant a indiqué qu'il étudiera l'influence du châssis de transport sur la sûreté du modèle de colis TN 24 D en conditions accidentelles de transport, préalablement à tout transport sur le territoire français. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

3 COMPOTEMENT MECANIQUE DES CONTENUS

Le requérant estime que les conditions d'entreposage ne modifient pas les caractéristiques des gaines de crayons combustibles et donc que la quantité de matières radioactives dispersées dans la cavité retenues dans les études est enveloppe. **L'IRSN estime que le requérant devrait expliciter son analyse du vieillissement des gaines des crayons. Ce point fait l'objet de l'observation 2.1 de l'annexe 2 à l'avis.**

L'étude du comportement mécanique du panier en conditions de routines, normales et accidentelles de transport a été mise à jour, notamment pour ce qui concerne les caractéristiques des matériaux constituant le panier et les températures maximales du fait des évolutions des caractéristiques thermiques du contenu. Notamment, l'évaluation des contraintes dans le panier tient compte du vieillissement de l'aluminium du panier pour une période d'entreposage jusqu'en 2023. À cet égard, l'IRSN estime que ces études et les résultats obtenus sont satisfaisants et qu'ils couvrent la période du prochain certificat d'agrément (2019-2024). Toutefois, le requérant n'a pas évalué les contraintes générées en chute latérale de 9 m au niveau des entrecroisements des poutres en H constituant le panier. **Ceci fait l'objet de l'observation 2.2 de l'annexe 2 à l'avis.**

4 COMPOTEMENT THERMIQUE DU COLIS

L'étude du comportement thermique du colis a été mise à jour afin de prendre en compte les nouvelles caractéristiques thermiques du contenu, à savoir une puissance totale maximale de 10,7 kW par emballage et un plan de chargement du panier définissant notamment une puissance thermique maximale des assemblages combustibles différente selon les logements du panier. Jusqu'à présent, il était considéré une puissance thermique maximale de 15 kW avec une répartition homogène de celle-ci au niveau des logements.

Les températures maximales des composants du modèle de colis en conditions normales et accidentelles de transport sont déterminées par calcul numérique, en s'appuyant sur les études antérieures. Toutefois, ces études considèrent une répartition homogène de la puissance thermique dans les logements alors qu'un plan de chargement hétérogène est défini dans le dossier de sûreté (conduisant à des profils de températures différents). Toutefois, les résultats obtenus pour 15 kW présentaient des marges importantes par rapport aux critères de températures retenus et la limitation à 10,7 kW dégagent également des marges.

Par ailleurs, le requérant a évalué les conséquences d'une dispersion limitée de matière radioactive dans la cavité de l'emballage en condition accidentel de transport. Il montre que les augmentations de température dans cette configuration ne mettent pas en cause les conclusions des analyses de sûreté. L'IRSN estime ces calculs satisfaisants

mais que, comme indiqué au § 3 de l'avis, l'influence de la période d'entreposage sur les caractéristiques des gaines des combustibles devrait être explicitée.

En tout état de cause, les études du requérant montrent des marges significatives pour ce qui concerne le domaine d'utilisation des éléments des emballages. Toutefois, **sur le plan des principes, le dossier de sûreté devrait justifier que les marges mises en évidence couvrent les conséquences d'une dispersion de matières radioactives en modélisant explicitement la nouvelle configuration considérée pour le chargement des emballages. Ceci fait l'objet de l'observation 3.1 de l'annexe 2 à l'avis.**

Les calculs du requérant ne tiennent pas compte d'une éventuelle poursuite de la combustion du bois du capot après l'arrêt du feu, entraînant le cas échéant, une augmentation des températures maximales des joints des couvercles. À cet égard, le requérant indique que compte tenu des hypothèses pénalisantes retenues et des marges mises en évidence, ceci ne mettrait pas en cause les conclusions de son étude. L'IRSN estime ceci acceptable.

5 CONFINEMENT

L'emballage TN 24 D dispose d'une simple barrière de confinement compte tenu de la présence d'un ligament de matière de faible épaisseur localisé en tête d'emballage (trous des vis de fixation du couvercle primaire proche des trous des vis de fixation des tourillons), qui ne permet pas de justifier l'étanchéité du couvercle secondaire dans toutes les conditions de transport.

Afin de s'assurer de l'étanchéité de l'emballage lors des transports, un test d'étanchéité est effectué moins d'un an avant chaque transport. **Ceci est satisfaisant.**

L'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN 24 D a été révisée pour prendre en compte un taux de relâchement des gaz de fission de 26 % en dehors des gaines ruptées. **Ceci est satisfaisant.** Toutefois, la procédure de séchage mise en œuvre ne permet pas d'exclure la présence d'une faible quantité d'eau résiduelle dans la cavité du colis et par conséquent, une augmentation de pression dans la cavité. Toutefois, ce phénomène ne met pas en cause le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité, compte tenu des marges disponibles. **L'IRSN considère que le requérant devrait formellement prendre en compte la présence éventuelle d'eau résiduelle dans la cavité dans son analyse. Ceci fait l'objet de l'observation 4.1 de l'annexe 2 à l'avis.**

6 RADIOPROTECTION

Les calculs du débit d'équivalent de dose n'ont pas été mis à jour.

À cet égard, les études du requérant déterminent le débit d'équivalent de dose en conditions normales et accidentelles de transport. Dans ces études, le phénomène de vieillissement de la résine n'est pas pris en compte. En effet, le requérant a justifié que la décroissance du terme source est prédominante par rapport à la dégradation des performances de la résine neutrophage. En conséquence, **l'IRSN estime que le certificat d'agrément devrait préciser que les emballages ne peuvent être rechargés sauf en cas de rechargement avec le contenu initial qui aurait été déchargé.**

Le requérant analyse les conséquences, en conditions accidentels de transport, de ruptures de gaine conduisant à la dispersion de matière dans la cavité. Les résultats obtenus n'appellent pas de remarque de l'IRSN compte tenu des

marges mise en évidence. Toutefois, comme indiqué au § 3 de l'avis, l'influence de la période d'entreposage sur les caractéristiques des gaines des combustibles devrait être explicitée.

7 PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

La démonstration de la sous-criticité du modèle de colis TN 24 D en conditions normales de transports et en condition accidentelles de transport n'a pas été modifiée. Pour rappel, elle prend en compte une quantité d'eau limitée dans la cavité. **Cette justification n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

8 RADIOLYSE

Le requérant a transmis, en cours d'expertise, une étude des risques liés au phénomène de radiolyse de l'eau pouvant être présente dans la cavité. Il conclut que la concentration en dihydrogène reste inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité, excluant tout risque d'explosion. **L'IRSN estime que cette justification est globalement acceptable et devrait être intégrée dans le dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de l'observation 5.1 de l'annexe 2 à l'avis.**

9 UTILISATION ET MAINTENANCE

La méthode à employer le serrage des vis n'est pas précisée dans le dossier de sûreté. En outre, celui-ci spécifie que les vis doivent être lubrifiées sur filet et pas sous tête. Or, le retour d'expérience montre que la surface sous la tête des vis peut être involontairement lubrifiée. **L'IRSN considère que le requérant devrait envisager un graissage complet des vis et adapter en conséquence le couple de serrage. Ces points font l'objet des observations 6.1 et 6.2 de l'annexe 2 à l'avis.**

Le dossier de sûreté ne précise pas les conditions de lubrification des anneaux de serrage des couronnes en aluminium du modèle de colis. **Ce point fait l'objet de l'observation 6.3 de l'annexe 2 à l'avis.**

Concernant le programme de contrôle de l'emballage, le requérant ne prévoit pas le contrôle du dispositif de dissipation thermique de l'emballage après une période d'entreposage. **L'IRSN estime qu'il devrait compléter le programme de contrôles préalables au transport de l'emballage en ce sens. Ceci fait l'objet de l'observation 6.7 de l'annexe 2 à l'avis.**

Enfin, le requérant retient des périodicités de remplacement et de contrôle de certains composants sans toutefois les justifier. De plus, la périodicité de remplacement de certains éléments de l'emballage (vis, organes d'arrimage et de manutention...) devraient être définies dans le dossier de sûreté. **Ces points font l'objet des observations 6.4, 6.5 et 6.6 de l'annexe 2 à l'avis.**

10 ASSURANCE DE LA QUALITE

Le chapitre concernant les principes d'assurance de la qualité applicables aux activités relatives au modèle de colis TN 24 D n'a pas été mis à jour.

11 CONCLUSION

De l'expertise du dossier de sûreté, tenant compte des informations complémentaires transmises en cours d'expertise, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 24 D est conforme aux prescriptions réglementaires

applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles. Le requérant devra toutefois tenir compte des recommandations mentionnées en annexe 1 à l'avis.

Par ailleurs, pour améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 D, le requérant devrait tenir compte des observations identifiées en annexe 2 à l'avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à Avis IRSN n° 2019-00190 du 2 août 2019

Recommandations

- 1 Comportement mécanique de l'emballage
 - 1.1 Évaluer le risque de desserrage ou de déformation des vis des tourillons, des couvercles et de leurs tapes, ainsi que de leurs taraudages, en cas de graissage involontaire sous tête de vis, en tenant compte des conditions d'entreposage. Définir des dispositions à mettre en œuvre avant transport pour prévenir le desserrage des vis de fixation des tourillons, des couvercles et de leurs tapes au cours du transport.
 - 1.2 Spécifier dans la notice d'utilisation du modèle de colis la température maximale admissible par les vis du système de fermeture lors de l'entreposage des colis.

Annexe 2 à Avis IRSN n° 2019-00190 du 2 août 2019

Observations

- 1 Comportement mécanique de l’emballage
 - 1.1 Tenir compte dans l’étude à la fatigue des vis de fixation des tourillons d’un graissage involontaire sous tête des vis.
 - 1.2 Proposer des dispositions pour limiter le risque de desserrage des vis des capots (en augmentant leur précharge par exemple).
 - 1.3 Justifier que le cumul des épreuves simulant les conditions normales et accidentelles de transport ne modifie pas les conclusions de l’étude du comportement du modèle de colis en conditions accidentelles de transport.
 - 1.4 Afin de garantir le contact entre les conducteurs en cuivre et la virole, compléter l’étude de la tenue des vis de fixation de ces conducteurs en évaluant la résistance aux efforts de flexion des rondelles, en appui sur un trou oblong, ainsi que le maintien du serrage des vis soumises à des variations de température notamment en entreposage.
 - 1.5 Compléter l’analyse du comportement du système de fermeture en chute oblique, en évaluant les contraintes dans le couvercle primaire et ses vis, les décollements transitoires et résiduels du couvercle primaire.
 - 1.6 Evaluer, en complément du volume de bois totalement compacté, le volume de bois qui talonne en conditions accidentelles de transport, afin d’apprécier les marges d’absorption d’énergie disponible.
 - 1.7 Intégrer, dans le dossier de sûreté, l’évaluation des jeux (minimaux et maximaux) dans toutes les conditions de transport, en lien avec l’étude du phénomène d’impact différé du contenu sur le système de fermeture.
 - 1.8 Introduire, dans l’évaluation du risque de rupture brutale du colis, la qualification des liaisons soudées de la virole de l’emballage et une analyse des spécificité géométrique de l’emballage TN 24 D.
 - 1.9 Justifier que la taille du défaut de référence utilisé dans les démonstrations d’absence de risque de rupture fragile, est cohérente avec les performances des moyens de contrôles utilisés lors de la fabrication.
- 2 Comportement mécanique des contenus
 - 2.1 Détailler la justification relative au fait que les conditions d’entreposage ne modifient pas les caractéristiques des gaines des crayons de combustibles irradiés.
 - 2.2 Compléter le calcul des contraintes générées en chute latérale de 9 m au niveau des entrecroisements des poutres en H constituant le panier.
- 3 Comportement thermique du colis
 - 3.1 Mettre à jour l’étude thermique en considérant explicitement la nouvelle configuration considérée pour le chargement des emballages et une dispersion possible de matière radioactive.
- 4 Confinement
 - 4.1 Prendre en compte dans l’étude de relâchement d’activité, l’augmentation de pression interne associée à la présence éventuelle d’eau dans la cavité.

5 Risque de radiolyse

5.1 Intégrer au dossier de sûreté l'étude des risques de radiolyse tenant compte de la quantité maximale d'eau pouvant être présente dans la cavité.

6 Utilisation et maintenance

6.1 Pour les vis qui seront mises en place au moment du transport, envisager la lubrification des vis sous tête et définir le couple de serrage adapté à ces nouvelles conditions de lubrification.

6.2 Définir les dispositions d'exploitation pour identifier l'ordre de serrage des vis.

6.3 Préciser le mode de lubrification pour les anneaux de serrage.

6.4 Indiquer dans les chapitres 6A et 7A du dossier de sûreté que les contrôles d'étanchéité et la vérification des couples de serrage doivent être effectués moins d'un an avant chaque transport.

6.5 Justifier la périodicité de remplacement des vis de fixation des couvercles et des capots, et des joints de confinement ainsi que la périodicité des contrôles d'étanchéité de l'enveloppe de confinement, en particulier de ses soudures.

6.6 Compléter la définition de la périodicité des opérations de maintenance pour les tourillons, les aménagements internes et les vis de l'enveloppe de confinement par un nombre de cycles de transport et un critère de durée.

6.7 Introduire, un contrôle du dispositif de dissipation thermique de l'emballage et du vieillissement de la résine neutrophage après une période d'entreposage.