

Fontenay-aux-Roses, le 23 novembre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2020-00184

Objet :	Transport - Demande d'agrément du modèle de colis TN® 24 DH+ chargé d'assemblages combustibles irradiés
Réf. :	[1] Lettre ASN CODEP-DTS-2019-043107 du 11 octobre 2019. [2] Règlement de transport de l'AIEA – SSR-6 édition de 2012 : « Règlement de transport des matières radioactives ».

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande d'agrément présentée par la société ORANO TN pour le nouveau modèle de colis TN® 24 DH+ chargé d'assemblages combustibles irradiés en tant que modèle de colis du type B(U) chargé de matières fissiles.

Le modèle de colis TN® 24 DH+ est destiné au transport sur la voie publique d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée (REP). Il sera également utilisé pour l'entreposage de combustibles. A la suite de l'expertise par l'IRSN du dossier d'options de sûreté de ce nouveau modèle de colis, l'ASN a formulé des demandes à prendre en compte dans la présente demande d'agrément. De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées au cours de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1. EMBALLAGE TN® 24 DH+

L'emballage TN® 24 DH+, de forme générale cylindrique, est constitué d'une virole épaisse en acier, recouverte d'une résine traversée par des conducteurs thermiques. Cette virole est fermée par un fond soudé et deux couvercles successifs vissés (concept de double barrière d'étanchéité). Le couvercle primaire est équipé de joints métalliques et le couvercle secondaire de joints en élastomère. Le couvercle primaire présente en face interne un amortisseur. Ce dispositif permet de réduire les éventuelles sollicitations du système de fermeture de l'emballage en cas d'impact du contenu en conditions accidentelles.

De plus, pour amortir d'éventuels chocs, l'emballage est équipé à ses extrémités d'amortisseurs, constitués de blocs de bois placés dans une enveloppe en acier, et au niveau de la virole de couronnes en aluminium.

Sa masse maximale admissible en charge et en transport est égale à 136 tonnes.

Ce modèle de colis reprend en grande partie le concept des modèles de colis de la famille TN® 24, le couvercle interne et les capots amortisseurs étant modifiés.

1.2. CONTENUS ET AMENAGEMENT INTERNE

La cavité de l'emballage TN® 24 DH+ est destinée à accueillir un panier, comportant 32 logements, dans lesquels sont placés les assemblages combustibles. Le panier est constitué d'un empilement de profilés en H, en aluminium boré, renforcé par des composants dont des tirants en acier inoxydable.

L'emballage TN® 24 DH+ est conçu pour le transport et l'entreposage à sec des contenus suivants :

- contenu n°1 : 32 assemblages combustibles irradiés dans des réacteurs de type REP 15x15 ;
- contenu n°2 : 32 assemblages combustibles irradiés dans des réacteurs de type REP 17x17.

Les assemblages combustibles sont disposés selon des configurations de chargement thermique homogène ou hétérogène, suivant des plans de chargement définis dans le dossier de sûreté.

2. EVALUATION DE SURETE

2.1. COMPORTEMENT MECANIQUE DU COLIS

Dans le dossier de sûreté, la société ORANO TN justifie le comportement mécanique du colis soumis aux conditions de transport de routine. Elle évalue notamment les précharges et les contraintes induites dans les assemblages vissés des composants importants pour la sûreté (système de fermeture, capots amortisseurs, tourillons...) et conclut au bon dimensionnement des composants, car les critères de sûreté définis dans le dossier de sûreté sont respectés. Ces évaluations considèrent des plages de coefficients de frottement qui ne sont pas mentionnées dans le chapitre d'utilisation de l'emballage du dossier de sûreté. Or, l'IRSN considère que ces données sont à garantir pour les vis de fixation des éléments importants pour la sûreté, notamment les vis de fixation des capots, des tourillons et des deux barrières d'étanchéité. **Ce point fait l'objet de l'observation n°1 de l'annexe 2 au présent avis.**

La société ORANO TN retient une approche numérique pour étudier le comportement mécanique du colis dans toutes les configurations de chute réglementaires. Cette étude numérique s'appuie sur la caractérisation du capot amortisseur réalisée à l'aide de l'essai de chute d'une maquette représentative de la partie supérieure de l'emballage et de son capot amortisseur. Sur ce point, dans sa lettre relative au dossier d'options de sûreté du modèle de colis, l'ASN estimait que l'approche numérique n'est acceptable, dans son principe, qu'à condition que les calculs soient recalés sur des résultats d'essais de chute effectués avec une maquette d'un emballage similaire et que la conception de l'emballage permette de dégager des marges vis-à-vis du maintien des fonctions de sûreté. Dans la mesure où la maquette utilisée pour réaliser l'essai de chute ne reproduit pas le système d'étanchéité du modèle de colis, elle ne permet pas de réaliser des mesures d'étanchéité. Aussi, les justifications du comportement mécanique du colis ne permettent pas de statuer sur le maintien de l'étanchéité du modèle de colis en conditions accidentelles de transport. Par conséquent, le requérant a transmis en cours d'expertise une analyse de similitudes avec deux concepts d'emballage existants dont les mesures du taux de fuite avant et à l'issue des essais de chute sur maquette ont permis de conclure favorablement sur leur niveau d'étanchéité. Le modèle de colis TN®24 DH+ présente des améliorations de conception significatives par rapport à ces concepts d'emballage (augmentation importante des épaisseurs de bois constituant les capots amortisseurs, présence d'un amortisseur interne de cavité). En outre, il présente un meilleur maintien des couvercles d'étanchéité et subit des sollicitations plus faibles que les deux concepts d'emballage sur lesquels s'appuie l'analyse de similitudes. **Aussi, l'IRSN estime que la conclusion du requérant quant à l'étanchéité du modèle de colis TN®24DH+ à l'issue des chutes représentatives des CAT est acceptable.**

Cependant, ces compléments ne figurent pas dans le dossier de sûreté. L'IRSN considère que l'analyse de similitudes qui permet de justifier l'étanchéité du modèle de colis doit être intégrée au dossier de sûreté. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 de l'annexe 1 au présent avis.**

Le requérant analyse le risque de rupture fragile, à basse température, de l'enveloppe de confinement du colis dont l'acier est sensible à ce risque. Pour cette analyse, il considère une ténacité minimale dynamique à froid des aciers et des défauts de référence dans les pièces réalisées et conclut à l'absence de risque. Il détermine le facteur d'intensité de contrainte maximal dans la virole interne, en acier à bas carbone, et sur cette base exclut le risque de rupture fragile de cette dernière. **La conclusion du requérant quant à l'exclusion du risque de rupture fragile est acceptable.**

Concernant le comportement mécanique des assemblages combustibles, le requérant considère leur intégrité en conditions normales de transport compte tenu des faibles sollicitations attendues. L'IRSN estime que cette hypothèse est à conforter car les niveaux de sollicitations mécaniques du contenu calculés analytiquement par le requérant en conditions normales de transport pourraient ne pas être conservatifs. **Ceci fait l'objet de l'observation n°2 de l'annexe 2 au présent avis.** En outre, le requérant considère un taux de rupture des gaines des crayons à l'issue des épreuves simulant les conditions accidentelles de transport, qui est fondé sur une étude du comportement mécanique d'assemblages combustibles neufs, mais pas justifié pour des assemblages combustibles irradiés. De plus, les assemblages combustibles pourraient être transportés après avoir été entreposés plusieurs décennies, ce qui n'est pas le cas des assemblages combustibles considérés dans l'étude. **Ceci fait l'objet de l'observation n°3 de l'annexe 2 au présent avis.** Toutefois, de façon conservative, le requérant considère la ruine du contenu dans les études de criticité et de relâchement d'activité. Aussi, la décroissance du contenu pendant l'entreposage devrait permettre de dégager des marges de sûreté s'agissant des études du comportement thermique et de la radioprotection de ce modèle de colis.

2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS

L'évaluation du comportement thermique du modèle de colis TN® 24 DH+ dans toutes les conditions de transport repose sur des calculs numériques. Le contenu de l'emballage modélisé présente la puissance thermique maximale théorique disposée selon une configuration de chargement homogène ou hétérogène. Le requérant conclut que les températures des composants du colis restent inférieures aux températures maximales d'utilisation des différents matériaux. En revanche, il n'a pas démontré que la température des surfaces accessibles du colis sans ensoleillement à la température réglementaire de 38°C n'excède pas 85°C en utilisation exclusive. **Ceci fait l'objet de l'observation n°4 de l'annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, l'IRSN relève que le requérant n'étudie pas en conditions accidentelles de transport, la configuration du panier centré dans la cavité, ce qui pourrait mettre en cause la température maximale des assemblages combustibles identifiée pendant la phase de refroidissement du colis. **Ceci fait l'objet de l'observation n°5 de l'annexe 2 au présent avis.**

En outre, bien que ce sujet ne soit pas spécifié dans le dossier de sûreté, il reste à réaliser un essai thermique sur au moins un exemplaire d'emballage TN® 24 DH+ afin de vérifier les capacités de dissipation thermique de l'emballage, en application du paragraphe 501 b) de l'édition 2012 de la réglementation.

2.3. CONFINEMENT

Le requérant a réalisé une étude de relâchement d'activité maximale en conditions normales et accidentelles de transport en considérant la rupture de l'ensemble des gaines de combustibles et les taux de relâchement de gaz de fission hors des gaines des assemblages combustibles préconisés par l'ASN. Le requérant conclut que le relâchement potentiel d'activité respecte les critères réglementaires dans toutes les conditions de transport. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2.4. RADIOPROTECTION

Le requérant évalue les débits d'équivalent de dose autour du colis pour des plans de chargement conservatifs définis dans le dossier de sûreté. Dans cette étude, il tient compte du phénomène de vieillissement de la résine neutrophage de l'emballage dans toutes les conditions de transport et d'une dispersion limitée de matière radioactive dans la cavité de l'emballage en conditions accidentelles de transport. Dans ces conditions, les critères réglementaires de radioprotection sont respectés. **Ceci est acceptable.**

S'agissant du vieillissement de la résine de l'emballage, le dossier de sûreté n'exclut pas la réutilisation et le rechargement d'un exemplaire à l'issue d'une période d'entreposage avec un contenu présentant les caractéristiques maximales autorisées. À cet égard, le requérant a spécifié dans le projet de certificat d'agrément que lorsqu'un emballage contenant des substances radioactives a été entreposé plus de deux ans, il ne peut à nouveau être rechargé qu'après s'être assuré de l'absence de dégradation de la résine neutrophage, sauf en cas de rechargement avec les assemblages combustibles qu'il contenait et dans les mêmes configurations de chargement. Toutefois, le requérant n'a pas présenté les contrôles et critères associés permettant de s'assurer de l'absence de dégradation de la résine neutrophage. Aussi, l'IRSN considère, qu'après l'entreposage du premier chargement pendant une durée supérieure à deux ans, un emballage ne devra pas être rechargé avec des assemblages combustibles autres que ceux qu'il contenait. **L'IRSN propose de modifier le certificat en ce sens.**

2.5. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

La société ORANO TN justifie dans le dossier de sûreté l'intégrité des deux barrières d'étanchéité à l'issue des épreuves représentatives des conditions accidentelles de transport. Ainsi, en application du paragraphe 680.a) de la réglementation citée en seconde référence, il considère une quantité limitée d'eau à l'intérieur de l'emballage dans la configuration du colis isolé. Cette quantité d'eau est enveloppe de la quantité maximale d'eau potentiellement présente dans la cavité de l'emballage. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

La justification de sous-criticité du colis en configuration de transport est réalisée numériquement en considérant le colis totalement ruiné et en modélisant les matériaux du colis sous une forme pénalisante s'agissant de la réactivité. Dans ces conditions, les valeurs maximales de réactivité ne dépassent pas 0,8, que la matière fissile soit considérée sous forme homogène ou hétérogène. Le requérant n'a pas effectué de calcul pour le réseau infini de colis, l'épaisseur de la virole en acier permettant de découpler neutroniquement les colis entre eux. **Ceci est satisfaisant.**

2.6. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE DE L'EMBALLAGE

La société ORANO TN présente dans le dossier de sûreté les opérations de vérification de la conformité du colis réalisées à l'issue des opérations de fabrication et de maintenance. À cet égard, elle classe les différents composants du modèle de colis en fonction de leur importance pour la sûreté du modèle de colis. À chaque niveau, sont associées des exigences particulières de contrôle à l'issue des opérations de fabrication et de maintenance. En outre, la société ORANO TN présente, dans le dossier de sûreté, les principales instructions pour l'utilisation du modèle de colis TN® 24 DH+. Celles-ci seront déclinées dans des consignes d'exploitation. **Ces dispositions générales mises en place par le requérant pour le modèle de colis sont acceptables.**

Le dossier de sûreté indique que l'emballage TN® 24 DH+ est préférentiellement fabriqué selon les spécifications du code ASME. L'application des règles d'un code de fabrication d'équipements nécessite une démarche cohérente et notamment la définition du niveau des matériels et le respect de toutes les exigences associées. À cet égard, l'IRSN relève que le contrôle volumique de la soudure de liaison fond/virole est réalisé uniquement par ultrasons, alors que le code ASME requiert un contrôle radiographique pour les soudures d'un tel niveau d'enjeu de sûreté. En outre, la procédure de contrôle fait référence à la fois au code ASME et au contexte normatif ISO. L'IRSN estime que la société ORANO TN devrait mettre en cohérence le référentiel normatif considéré. **Ceci fait l'objet de l'observation n°6 de l'annexe 2 au présent avis.**

Concernant le transport du colis après une période d'entreposage, l'IRSN estime qu'il n'est pas exclu que les caractéristiques d'étanchéité des joints métalliques du couvercle primaire évoluent. En particulier, la restitution élastique des joints métalliques de confinement pourrait être réduite. **Ceci fait l'objet de l'observation n°7 de l'annexe 2 au présent avis.**

3. CONCLUSION

Sur la base du dossier de sûreté transmis par le requérant et des informations apportées au cours de l'expertise, l'IRSN considère que le modèle de colis TN® 24 DH+ destiné au transport d'assemblages combustibles irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée, tel que défini dans le projet de certificat, est conforme aux prescriptions de l'édition 2012 de la réglementation des transports de l'AIEA applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles, sous réserve de la prise en compte de la recommandation rappelée en annexe 1 au présent avis et des propositions de l'IRSN de modification du projet de certificat. L'IRSN souligne en particulier que les nouveaux concepts de capot amortisseur et d'amortisseur interne améliorent la sûreté des transports par rapport aux autres modèles de colis de la famille TN 24.

En outre, l'IRSN considère que, pour améliorer ses démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2020-00184 DU 23 NOVEMBRE 2020

Recommandation de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant introduise dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN® 24 DH+ l'étude de similitude justifiant l'étanchéité de l'emballage en conditions accidentelles de transport.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2020-00184 DU 23 NOVEMBRE 2020

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait mentionner, dans le chapitre d'utilisation de l'emballage du dossier de sûreté du modèle de colis TN[®] 24 DH+, les plages de coefficients de frottement à garantir en cohérence avec les valeurs retenues dans les études de sûreté, pour les vis de fixation des éléments importants pour la sûreté, notamment les vis de fixation des capots, des tourillons et des deux barrières d'étanchéité.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier l'hypothèse de l'intégrité des assemblages combustibles en conditions normales de transport retenue pour le modèle de colis TN[®] 24 DH+. A défaut, il devrait réaliser des études de sensibilité sur les conclusions des études de radioprotection et de thermique.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait conforter le conservatisme de la quantité de matière radioactive dispersée dans la cavité de l'emballage TN[®] 24 DH+ en conditions accidentelles de transport en tenant compte notamment du caractère irradié des assemblages combustibles et d'une période d'entreposage de ces derniers (à sec pendant plusieurs décennies).

Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait réaliser, en application du paragraphe 655 de l'édition 2012 de la réglementation, une étude thermique montrant que la température des surfaces accessibles du colis TN[®] 24 DH+ sans ensoleillement à la température réglementaire de 38°C n'excède pas 85°C.

Observation n° 5

L'IRSN estime que le requérant devrait s'assurer que la prise en compte d'une configuration considérant le panier centré dans la cavité de l'emballage TN[®] 24 DH+ ne met pas en cause l'évaluation de la température maximale des assemblages combustibles à l'issue des épreuves d'incendie simulant les conditions accidentelles de transport.

Observation n° 6

L'IRSN estime que la société Orano TN devrait mettre en cohérence le référentiel normatif pris en compte pour les contrôles réalisés en fabrication sur la soudure fond/virole du modèle de colis TN[®] 24 DH+. Dans ce cadre, pour la soudure fond/virole, il devrait justifier que les procédés de fabrication et de contrôle sont conformes au code ASME qu'il a retenu dans sa démonstration.

Observation n° 7

L'IRSN estime que le requérant devrait étudier l'impact du vieillissement des joints métalliques de l'emballage TN[®] 24 DH+ à l'issue d'une période d'entreposage d'une durée de 50 ans, sur leurs propriétés mécaniques.