

Fontenay-aux-Roses, le 21 octobre 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00167

Objet : Transport – Renouvellement d'agrément – Modèle de colis TN 9/4

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DTS-2021-014045 du 22 mars 2021.
[2] Règlement des transports de matière radioactive de l'AIEA – n° SSR-6, édition 2012.
[3] Demande ORANO NPS – COR-20-027936-037 du 16 novembre 2020.

Par la lettre citée en première référence, l'ASN sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conformité à la réglementation citée en deuxième référence du modèle de colis TN 9/4, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande de renouvellement d'agrément en troisième référence transmise en novembre 2020 par la société Orano TN (devenue Orano Nuclear Packages and Services, dite « Orano NPS », et dénommée ci-après « le requérant »).

Cette demande concerne le transport par voie routière du modèle de colis TN 9/4 chargé d'au maximum sept assemblages irradiés à oxyde d'uranium provenant de réacteurs à eau bouillante (REB) ou d'un nombre quelconque de chemises sans assemblage combustible, en tant que colis de type B(U) contenant des matières fissiles.

Les deux colis TN 9/4 en service sont actuellement agréés jusqu'au 20 janvier 2022. Ils sont utilisés pour transporter en Suisse par voie routière les assemblages combustibles de la centrale nucléaire de BKW, en démantèlement depuis début 2020, vers le site d'entreposage de Zwilag.

À l'occasion de la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a mis à jour certaines parties du dossier de sûreté, notamment en réponse aux demandes formulées par l'ASN à l'issue des précédentes instructions relatives à ce modèle de colis.

L'expertise de l'IRSN a principalement porté sur les évolutions du modèle de colis, sur l'analyse du retour d'expérience en exploitation et en maintenance et sur les réponses aux demandes de l'ASN. De cette expertise, l'IRSN retient les points importants ci-après.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

Le requérant n'a pas modifié, dans le cadre de la présente demande de renouvellement d'agrément, le concept de l'emballage TN 9/4. Pour mémoire, cet emballage, de forme générale cylindrique, est constitué d'un corps en acier forgé et présente deux enveloppes de confinement indépendantes. Le système de fermeture de la cavité de l'emballage est composé d'un couvercle primaire en acier inoxydable maintenu par une bague de serrage vissée sur la bride supérieure de l'enveloppe de confinement interne et d'un couvercle secondaire en acier inoxydable vissé sur la bride supérieure de la virole de l'emballage. Chaque couvercle est équipé de joints d'étanchéité en élastomère. Dans sa configuration de transport, l'emballage est équipé, à chacune de ses extrémités, de capots amortisseurs de chocs remplis de blocs de bois.

Les contenus faisant l'objet de la demande de renouvellement d'agrément sont constitués d'au maximum sept assemblages à base d'oxyde d'uranium en réseau 10x10, irradiés dans des REB, chargés dans un panier en aluminium boré assurant leur calage dans la cavité de l'emballage. Les assemblages transportés peuvent désormais présenter des puissances thermiques hétérogènes. Chaque assemblage combustible REB est entouré d'une chemise récupérable en alliage de zirconium et peut contenir au plus deux « crayons d'eau », qui sont des crayons vides, soit débouchants, soit percés en partie basse. L'emballage peut également transporter des chemises seules. Lors du transport, la cavité de l'emballage est remplie d'un gaz neutre (hélium ou azote).

2. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

2.1. RÉSISTANCE MÉCANIQUE DU COLIS

Conditions de transport de routine (CTR)

Pour répondre à la demande de l'ASN portant sur la résistance à la fatigue des tourillons utilisés lors des opérations de manutention et d'arrimage, le requérant a mis à jour l'étude de leur comportement en CTR en diminuant notamment le nombre de cycles de transports et en augmentant le critère de contrainte maximale à ne pas dépasser. En outre, il utilise dorénavant un critère en fatigue établi suivant le paragraphe NE-3221.5 du code de l'*American Society of Mechanical Engineers (ASME)* tenant compte d'une contrainte moyenne non nulle. **L'IRSN estime que ces éléments permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Par ailleurs, afin de garantir le confinement en CTR, les efforts extérieurs appliqués sur les vis des couvercles primaire et secondaire, ainsi que sur leur tôle, doivent être inférieurs aux efforts de précharge exercés par le couple de serrage. Le dossier de sûreté ne présentant pas ces éléments, le requérant a présenté des calculs sur cet aspect au cours de l'expertise, qui démontrent l'étanchéité du colis en CTR. **Ces calculs n'appellent pas de remarque. Le requérant veillera à les intégrer au dossier de sûreté. Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.**

Conditions normales de transport (CNT) et conditions accidentelles de transport (CAT)

Pour rappel, l'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN 9/4 à l'issue des épreuves réglementaires de chute simulant les CAT repose sur des essais de chute réalisés à partir d'une maquette représentative du colis, ainsi que sur des calculs analytiques et numériques complémentaires.

En réponse à la demande de l'ASN portant sur les hypothèses à retenir pour le recalage numérique, le requérant a évalué l'influence de la valeur de contrainte d'écrasement sur les niveaux d'accélération et d'écrasement obtenus par simulation numérique. Il a également réalisé de nouveaux calculs avec une contrainte d'écrasement plus proche de la contrainte réelle du bois de la maquette.

Pour les chutes axiale et oblique, les nouveaux taux de compression du bois des capots obtenus avec une contrainte d'écrasement du bois proche de la contrainte réelle du bois sont significativement inférieurs au taux de compression minimal avant talonnement du bois, **ce qui est satisfaisant**. La partie centrale du capot, elle,

s'écrase en atteignant un taux de compression inférieur au taux de compression minimal avant talonnement. **Ceci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.** S'agissant des autres chutes, horizontales, le requérant utilise comme critère d'écrasement le seuil de compaction du bois, en considérant qu'au-delà de ce seuil, le bois est totalement comprimé et ne peut plus absorber d'énergie. Pour les chutes à plat et latérale avec fouettement hors génératrice tourillon, l'écrasement du bois du capot de tête reste toujours inférieur au critère fixé. En revanche, l'écrasement du bois du capot de fond dépasse légèrement ce critère, ce que le requérant juge toutefois sans conséquence réelle pour la sûreté du colis. Pour la chute latérale avec fouettement sur génératrice tourillon, le requérant effectue des calculs numériques à basse température ainsi qu'à température maximale des CNT. Pour la chute à basse température, il estime que la distance résiduelle minimale entre le corps et la cible indéformable est conséquente (écrasement maximal limité). Aussi, le talonnement ne peut être atteint. Pour la configuration à la température maximale des CNT, l'écrasement du capot lors de la chute latérale avec fouettement sur génératrice tourillon est deux fois inférieur à celui de la chute avec fouettement hors génératrice tourillon. Aussi, le requérant considère que le talonnement éventuel est inférieur pour la chute sur génératrice tourillon par rapport à la chute hors génératrice.

L'IRSN relève que les calculs effectués par le requérant montrent des niveaux d'écrasement des blocs de balsa se situant dans la zone de talonnement. Pour les cellules du bois les plus comprimées, ces niveaux sont supérieurs au seuil de compaction de la cellulose du bois. Au regard de l'état de l'art actuel, l'IRSN estime que le comportement du bois au-delà du taux de compression minimal avant talonnement du bois n'est pas connu de manière précise. Les fibres du bois pourraient se désolidariser et ne plus absorber d'énergie. **L'IRSN considère qu'une telle configuration pourrait conduire, en cas de ruine du bois, à une augmentation significative de l'accélération du colis.** Pour rappel, le requérant a effectué en 2005 des essais pour déterminer le seuil de compaction du balsa. Les valeurs d'écrasement déterminées lors de ces essais sont inférieures à celles qu'il utilise dans sa démonstration de sûreté. Le seuil de compaction pouvant alors être dépassé dans une grande partie du bois des deux capots lors de chutes horizontales avec et sans fouettement, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le caractère conservatif du point de compaction maximal du bois retenu dans sa démonstration. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2. En tout état de cause, l'IRSN considère que les éléments transmis par le requérant ne répondent pas complètement à la question de sûreté faisant l'objet de cette demande de l'ASN pour ce qui concerne l'absence de talonnement du bois des capots lors des chutes latérales à plat et avec fouettement.**

Par ailleurs, conformément à une demande de l'ASN, le requérant a effectué une étude numérique de chute libre avec impact sur les tourillons. Il conclut que, si une chute à basse température ne permet pas d'impacter le tourillon, une chute à la température des CNT l'écrase, sans toutefois augmenter l'accélération maximale du colis de façon significative, ni affecter la sûreté du modèle de colis. **Ceci est satisfaisant.**

Enfin, bien que demandé par l'ASN, le requérant n'a pas étudié les conséquences d'un impact différé au motif que la valeur du jeu entre les assemblages combustibles et le système de fermeture est faible et que la distance et le nombre de transport prévus sont limités. **L'IRSN rappelle que l'étude d'impact différé doit être effectuée, en prenant en compte les jeux maximaux dans la cavité. En l'état, la demande de l'ASN reste à prendre en compte.**

Adjonction au modèle de colis

Bien que demandé par l'ASN, le requérant n'a pas réalisé d'étude mécanique du colis arrimé sur son châssis de transport au motif que les adjonctions du modèle de colis ne font pas partie intégrante de sa définition et que les transports prévus n'auront pas lieu sur le sol français. L'IRSN souligne que le modèle de colis TN 9/4 est soumis à la réglementation en deuxième référence. De plus, la France, pays délivrant l'agrément du TN 9/4, est signataire de l'Accord relatif au transport international de marchandises dangereuses par route (ADR). D'après ces réglementations, « les adjonctions au colis apportées au moment du transport et qui ne font pas partie intégrante du colis ne doivent pas en réduire la sûreté ». L'autorité française étant celle délivrant l'agrément unilatéral du

modèle de colis TN 9/4, l'IRSN estime que le requérant aurait dû effectuer cette étude dans le cadre de la présente demande de renouvellement. **Aussi, la demande de l'ASN reste applicable.**

2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS

En réponse à des demandes de l'ASN, le requérant présente une nouvelle étude thermique prenant en compte une dispersion de matière fissile dans la cavité lors des CAT. En outre, les études thermiques en CTR et en CAT prennent dorénavant en compte les cas de chargement hétérogènes en termes de puissance thermique et un coefficient de convection à appliquer sur toute la partie poinçonnée du capot amortisseur exposée aux flammes.

S'agissant des études en CTR, le requérant indique que la position de l'assemblage dans le panier et l'hétérogénéité du chargement n'entraînent pas de hausse significative des températures du colis et permettent de respecter les critères de température des éléments. **Ces résultats n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Pour ce qui concerne les CAT, le requérant conclut que les températures maximales des éléments restent inférieures aux critères de température en CAT. En outre, la marge de température obtenue pour les joints d'étanchéité permettrait de couvrir une éventuelle combustion du bois du capot de tête, **ce qui est satisfaisant.**

L'ensemble de ces éléments permet de répondre de manière satisfaisante aux questions de sûreté portées par les demandes de l'ASN.

2.3. CONFINEMENT

Étude de relâchement d'activité et comportement des joints en température

Le requérant a mis à jour l'étude de relâchement d'activité du colis dans toutes les conditions de transport pour prendre en compte la modification des dimensions des joints de la tôle du couvercle primaire, la nouvelle température de gaz dans la cavité obtenue à l'issue de l'épreuve de feu et un taux de rupture de gaines des crayons combustibles. Les résultats obtenus sont inférieurs aux critères réglementaires. **Ceci n'appelle pas de commentaires de l'IRSN.** Le requérant a également mis à jour l'étude du risque d'extrusion des joints à haute température pour prendre en compte les nouvelles dimensions des joints de la tôle du couvercle primaire. Conformément à une demande de l'ASN, il applique également un coefficient de dilatation volumique des joints adapté. Cette mise à jour montre que les joints des couvercles primaire et secondaire ainsi que de leur tôle respectent les critères de taux de remplissage. **Ceci est satisfaisant.**

Enfin, en réponse à une demande de l'ASN portant sur les taux de compression minimaux des joints d'étanchéité du colis à basse température, le requérant a vérifié qu'ils étaient suffisants pour garantir l'étanchéité de l'enceinte de confinement dans toutes les conditions de transport. **Les éléments présentés permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

Radiolyse de l'eau résiduelle dans la cavité

Pour rappel, chaque assemblage combustible REB peut contenir au maximum deux crayons dits « crayons d'eau » présentant des zones non débouchantes percées. Cette géométrie est susceptible d'induire une rétention d'eau à l'issue des opérations de séchage de la cavité du colis.

Conformément à une demande de l'ASN, le requérant a intégré les caractéristiques géométriques des perçages sur les crayons d'eau non débouchants au dossier de sûreté. Il a également modifié en cours d'expertise son projet de certificat en spécifiant qu'au maximum deux zones de rétention d'eau peuvent être présentes par crayon d'eau et que chaque zone doit présenter au minimum deux trous si elle est fermée en parties supérieure et inférieure. **Ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, en réponse à une demande de l'ASN portant sur le volume d'eau résiduel présent dans les crayons d'eau non débouchants, le requérant présente les résultats d'un essai de séchage sur une maquette représentative du

modèle de colis TN 9/4 chargé de deux tubes représentatifs des zones de rétention d'un crayon d'eau. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Enfin, pour ce qui concerne le calcul de la quantité de dihydrogène présente dans la cavité, l'IRSN relève que **certaines des hypothèses retenues par le requérant, notamment la contribution de l'intégralité de l'eau résiduelle à la production de dihydrogène, sont pénalisantes.**

Aussi, l'IRSN estime que le requérant répond de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.

2.4. RADIOPROTECTION

Le requérant a modifié l'étude de radioprotection pour prendre en compte la possibilité de transporter des combinaisons différentes d'assemblages et des chemises seules.

En CTR, le requérant utilise la méthode des inéquations afin d'évaluer le débit d'équivalent de dose (DED) du colis. À cet égard, il présente une comparaison entre les mesures radiologiques effectuées sur deux chargements et les DED obtenus par les inéquations. Les mesures obtenues sont inférieures d'au moins 40 % par rapport aux valeurs de DED calculées avec les inéquations. Il conclut que les marges mises en évidence permettent de s'affranchir des demandes de l'ASN portant sur les hypothèses et la qualification des outils retenues pour calculer les DED. En outre, en réponse à une demande de l'ASN portant sur les dispositions retenues pour l'utilisation par l'expéditeur du système d'inéquations et sur la prise en compte des incertitudes dans les calculs d'évolution, si le requérant a bien ajouté dans son dossier une obligation de formation pour le personnel, il considère que la présence de marges permet de s'affranchir de la prise en compte des incertitudes de calcul.

Toutefois, les valeurs d'enrichissement en uranium 235, les taux de combustion et la durée de refroidissement de ces deux chargements sont très proches. En outre, le nombre de mesures n'est statistiquement pas suffisant pour répondre à la demande de l'ASN spécifiant la réalisation de mesures pour dix transports. **Aussi, l'IRSN considère que les arguments apportés ne sont pas suffisants pour assurer le caractère enveloppe des calculs à partir des inéquations par rapport aux DED mesurés avant départ. Le requérant ne répond donc pas aux demandes de l'ASN. Pour rappel, le sujet des inéquations fait actuellement l'objet, à la demande l'ASN, d'une expertise en cours de l'IRSN.**

En CAT, le requérant a étudié l'influence de la dispersion de matière fissile sur les DED. Les résultats de l'étude montrent que le DED à 1 m du colis présente davantage de marge par rapport au critère réglementaire que le DED au contact du colis en CTR. Le requérant conclut que si le critère de DED au contact du colis est respecté en CTR, alors le critère de DED à 1 m du colis en CAT sera également respecté. **Ceci n'appelle pas de remarque et permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2.5. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Pour la présente demande de renouvellement d'agrément, le requérant a modifié le contenu transporté dans le modèle de colis TN 9/4 afin de ne conserver que les assemblages REB en réseau 10x10 et de prendre en compte une légère réduction du diamètre extérieur minimal de la gaine des crayons sur certains assemblages.

À l'égard des risques de criticité en CAT, le requérant considère un contenu ruiné en présence d'une quantité d'eau limitée dans la cavité du colis correspondant, de manière enveloppe, à la quantité maximale d'eau pouvant entrer dans les enveloppes primaire et secondaire à l'issue de l'épreuve d'immersion pendant une semaine. Le modèle de colis possédant deux « barrières d'étanchéité » qui conservent leur étanchéité à l'issue des épreuves représentatives des CAT, ceci est cohérent avec le paragraphe 680.a (présence de barrières multiples étanches à l'eau et de haute qualité) de la réglementation en deuxième référence. **Dans ce cadre, l'évolution du diamètre extérieur minimal de la gaine des crayons sur certains assemblages n'appelle pas de remarque.**

2.6. RETOUR D'EXPÉRIENCE

À la suite du retour d'expérience en maintenance et en exploitation, l'exploitant a mis en place des règles d'exclusion de matériels étrangers dans la zone de préparation de l'emballage, notamment en ce qui concerne les équipements auxiliaires tel que les outils, petites pièces et équipements de protection individuels. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

3. CONCLUSION

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société ORANO NPS, l'IRSN estime que le modèle de colis TN 9/4 chargé d'assemblages combustibles irradiés, tel que défini dans le projet de certificat, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) pour matières fissiles.

L'IRSN considère toutefois que le requérant devrait tenir compte des observations formulées dans l'annexe au présent avis. En outre, certaines demandes formulées par l'ASN à l'issue des précédentes instructions relatives au modèle de colis restent à traiter.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2021-00167 DU 21 OCTOBRE 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait intégrer au dossier de sûreté du modèle de colis TN 9/4 la démonstration du caractère enveloppe des efforts de serrage par rapport aux efforts extérieurs appliqués sur les vis des couvercles ainsi que leur tape en toutes conditions de transport.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier le caractère conservatif de la loi de comportement du bois utilisé dans les capots du modèle de colis TN 9/4 et du point de compaction maximal du bois retenu dans cette loi.