



Fontenay-aux-Roses, le 16 novembre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2020-00181

Objet : Transport - Demande d'agrément du modèle de colis TN Eagle®

Réf. : [1] Saisine ASN CODEP-DTS-2020-016785 du 9 mars 2020.
[2] Règlement AIEA – SSR-6 édition de 2018 : « Règlement de transport des matières radioactives ».

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 conformité à la **réglementation des transports de matières radioactives** du nouveau modèle de **colis TN Eagle®**, dont la société Orano TN (dénommée le requérant) a déposé la **demande d'agrément** en décembre 2019.

Cette demande concerne le transport par voies routière, ferroviaire, fluviale ou maritime sur la voie publique de ce modèle de colis, destiné au transport d'assemblages combustibles usés.

Le certificat d'agrément d'un modèle de colis est un document émis par l'Autorité de sûreté. Il atteste de la conformité du modèle aux exigences réglementaires qui lui sont applicables. Il comporte une définition des substances radioactives pouvant être transportées dans l'emballage ainsi que les exigences portant sur leur conditionnement et, le cas échéant, sur les conditions de transport à respecter (météo, durée maximale du transport, etc.).

Le certificat d'agrément est émis pour une durée limitée (généralement 5 ans).

Les transports de matières radioactives font l'objet d'une réglementation spécifique [2], reconnue à travers le monde comme la base des exigences concernant la sûreté de ces transports. Cette réglementation définit notamment une classification des matières radioactives et des colis ainsi que des exigences visant à la maîtrise de la sûreté dans toutes les conditions de transport. Les règles techniques et organisationnelles applicables au transport des matières radioactives sont élaborées, depuis 1961, par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA).

Le terme de **colis** désigne l'ensemble constitué par les matières radioactives transportées et par l'emballage de transport qui les contient.

Un **assemblage de combustible** est constitué de crayons de combustible, d'une hauteur de l'ordre de quatre mètres et d'un diamètre de l'ordre du centimètre, insérés dans une structure. On parle d'assemblage combustible usé pour les assemblages qui ne contiennent plus suffisamment de matière fissile pour continuer à être utilisés dans un réacteur nucléaire. Ils dégagent encore une puissance thermique, appelée puissance résiduelle, décroissante dans le temps.

Outre des opérations de transport, ce modèle de colis pourra être utilisé pour l'**entreposage à sec** de combustibles usés. Le requérant demande, pour ce colis, un **agrément de type B(U)** pour matières fissiles, selon l'édition 2012 du règlement de l'AIEA.

Pour la gestion des combustibles usés, deux principales options sont développées dans le monde : le traitement des combustibles en vue de la réutilisation des matières valorisables dans de nouveaux combustibles, ou le stockage direct. Dans les deux cas, un ou plusieurs entreposages temporaires, dans l'attente de la mise en œuvre de l'option retenue, sont nécessaires. Cet entreposage peut être effectué sous eau (piscine) ou à sec (casemates, puits, silos ou emballages)

https://www.irsn.fr/fr/expertise/rapports_expertise/surete/pages/rapport-irsn-2018-00003-entreposage-combustible-use.aspx#.YAQuKedCfIV

La réglementation des transports de matières radioactives distingue 5 types de colis, définis en fonction de la quantité de substances radioactives à transporter (l'activité du contenu) ou de leur dilution dans l'ensemble des matières à transporter (l'activité massique du contenu).

L'**agrément de type B** concerne les colis de transport qui n'ont pas de restriction en termes d'activité (excepté pour le transport aérien).

La **lettre U**, pour Unilatéral, indique qu'aucune autorisation n'est requise lorsque le colis est transporté dans des pays qui ne sont pas à l'origine du certificat d'agrément.

Nonobstant, l'ASN demande à l'IRSN d'expertiser la conformité de ce modèle de colis aux exigences de l'édition 2018 du règlement de l'AIEA, cité en seconde référence, qui est la dernière en date. En ce sens, le requérant a complété le dossier de sureté du modèle de colis pour tenir compte des évolutions de la réglementation, notamment pour intégrer dans les démonstrations le vieillissement des composants du colis. L'expertise de l'IRSN ne porte pas sur l'utilisation de ce modèle de colis pour l'entreposage à sec de combustibles, hormis concernant les aspects en lien avec un transport intervenant après une phase d'entreposage (gestion du vieillissement des matériaux...).

De l'expertise des documents joints à la demande précitée, tenant compte des informations transmises par le requérant et des engagements qu'il a adressés à l'ASN à l'issue de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

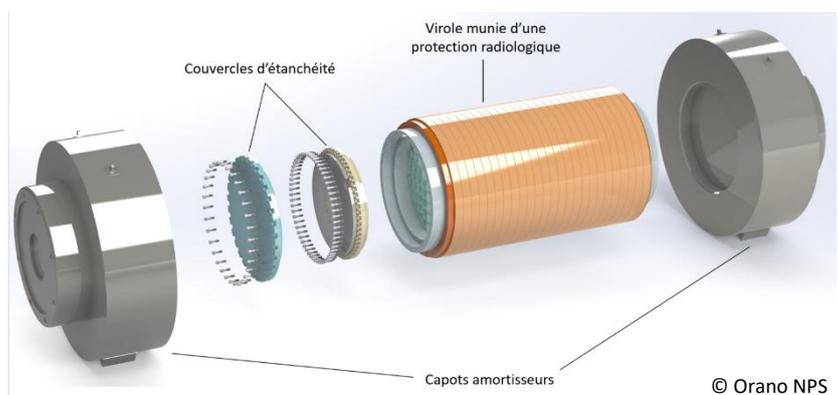
1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

L'emballage TN Eagle® est de forme générale cylindrique. Son corps est constitué **d'une virole de forte épaisseur et d'un fond en acier au carbone**. Des éléments, en acier et en résine, contribuant à l'atténuation des rayonnements ionisants autour de l'emballage (protection radiologique) sont placés autour de la virole.

L'enveloppe de confinement est délimitée par la cavité de l'emballage fermée par deux

couvercles indépendants, munis de joints d'étanchéité métalliques. Le joint de contrôle du couvercle primaire (joint externe disposé de manière concentrique au joint d'étanchéité et permettant le contrôle de l'étanchéité de celui-ci) peut être métallique ou en élastomère. Celui du couvercle secondaire est en élastomère. La face interne du couvercle primaire est équipée d'un système amortisseur visant à réduire les éventuelles sollicitations sur le système de fermeture de la cavité en cas d'impact du contenu sur celui-ci en conditions accidentelles.

Chaque extrémité du corps de l'emballage est équipée d'un capot amortisseur de chocs, composé de blocs de bois placés dans une enveloppe métallique. Lors des transports, le colis TN Eagle® est arrimé sur un châssis « berceau ». Il est manutentionné en utilisant des systèmes auxiliaires n'appartenant pas au modèle de colis.



© Orano NPS

Le modèle de colis TN Eagle® est conçu pour être modulaire ; la longueur et le diamètre de la virole, l'épaisseur du fond, les dimensions des capots ainsi que les dimensions de la protection radiologique peuvent être adaptés au contenu. La demande d'agrément objet du présent avis porte sur deux configurations du modèle de colis.

La cavité de l'emballage est équipée d'un panier dans lequel sont placés les assemblages combustibles usés, qui peuvent provenir de réacteurs à eau pressurisée ou de réacteurs à eau bouillante.

En liminaire, l'IRSN considère les principes de conception du modèle de colis TN Eagle® sont adaptés et conformes à l'état de l'art actuel.

Concernant la définition du modèle de colis, la nuance des joints métalliques utilisés n'est pas spécifiée dans le dossier de sûreté. À cet égard, dans les démonstrations de sûreté, le requérant s'appuie sur des essais réalisés avec des nuances spécifiques de joints métalliques. Aussi, il s'est engagé à spécifier la nuance des joints métalliques utilisés dans le dossier de sûreté. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

2. DEMARCHE DE DEMONSTRATION

Le requérant fait reposer plusieurs démonstrations de sûreté sur des hypothèses qui ne sont pas vérifiées explicitement dans le dossier de sûreté, sur la base notamment de la définition du modèle de colis, et qui devront l'être dans un autre cadre (lors de la fabrication de l'emballage, de la définition d'adjonctions ou des contrôles avant expédition). Cela concerne en particulier :

- les études de tenue à l'arrimage et à la manutention du modèle de colis,
- le respect de l'exigence réglementaire relative à la **température des surfaces** accessibles du colis,
- le respect du volume minimal des **gorges des joints de contrôle** des couvercles, assurant l'absence de **risque d'extrusion des joints élastomères en température**,
- l'évaluation du **débit d'équivalent de dose (DED)** maximal à 2 mètres de la surface externe du véhicule préalablement au chargement du colis.

À cet égard, pour l'IRSN, la sûreté d'un modèle de colis doit reposer principalement sur des exigences explicites définies à la conception. **Ces points sont examinés dans le présent avis.**

L'équivalent de dose est l'énergie, issue d'un rayonnement ionisant, absorbée par l'organisme, corrigée d'un facteur de pondération qui prend en compte la dangerosité relative du rayonnement considéré et la sensibilité du tissu irradié. Il est exprimé en Sievert (Sv).

Le débit d'équivalent de dose (DED) correspond à une quantité de cette énergie absorbée par unité de temps, souvent exprimé en mSv/h.

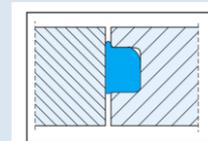
Les paragraphes 654 et 655 du règlement de l'AIEA [2] définissent des critères de température des surfaces accessibles du colis.

Gorge des joints : volume dans lesquels les joints sont disposés.

Joint d'étanchéité : joint qui assure l'étanchéité du colis.

Joints de contrôle : joints nécessaires au contrôle des joints d'étanchéité. Ils ne participent pas directement à l'étanchéité du colis.

Risque d'extrusion : L'extrusion d'un joint est le passage du joint entre deux composants. Ce phénomène est dû, en particulier, à la dilatation thermique de l'élastomère en température.



Une extrusion d'un joint peut dégrader l'étanchéité du système.

3. COMPORTEMENT MECANIQUE DU COLIS

3.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

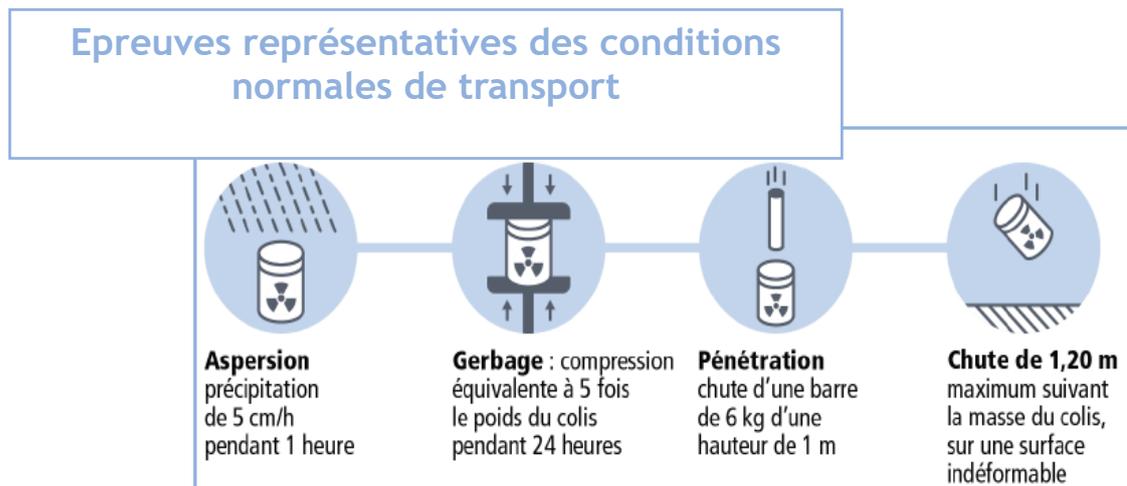
En configuration de transport, le colis est bloqué, sur un châssis, au moyen de pièces d'interface se logeant au niveau de la tête de l'emballage. La manutention de l'emballage s'effectue par l'intermédiaire d'une couronne de manutention amovible qui se fixe sur la tête de l'emballage.

Le requérant n'a pas transmis d'éléments descriptifs concernant les pièces d'interface avec le châssis et de la couronne de manutention amovible. Ainsi, il a retenu des hypothèses concernant la transmission des efforts entre le colis et ces pièces sans toutefois les justifier. Il s'est engagé à transmettre la justification que le système du châssis assurant le blocage du colis et la couronne de manutention amovible n'induisent pas d'efforts de flexion susceptibles d'endommager, en conditions de transport de routine, la protection radiologique de l'emballage. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

Les autres analyses réalisées n'appellent pas de remarque notable de l'IRSN.

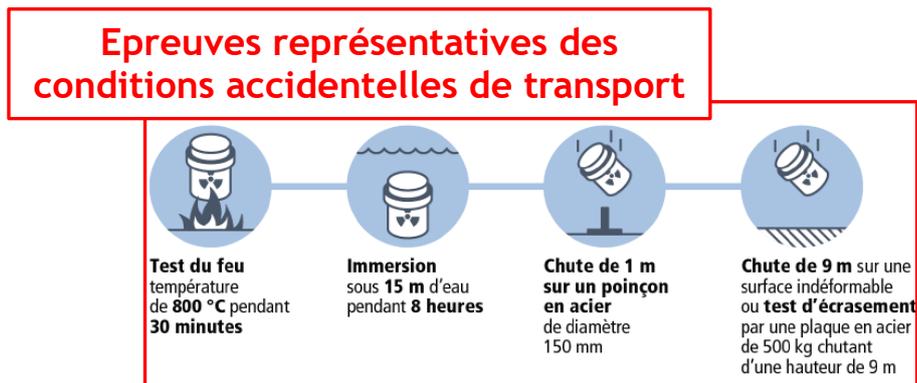
3.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Concernant les **épreuves représentatives des conditions normales de transport**, le requérant évalue analytiquement l'écrasement et l'accélération du colis à l'issue d'une chute libre d'une hauteur de 0,3 m. **Cette évaluation et les conclusions du requérant sont satisfaisantes.**



L'étude du requérant de la tenue mécanique du modèle de colis lors des **épreuves réglementaires représentatives des conditions accidentelles** de transport repose principalement sur des calculs numériques, complétés par un essai de chute d'une maquette du modèle de colis en configuration de chute quasi-horizontale. Cette maquette ne reproduisait pas le système d'étanchéité du modèle de colis. En effet, cet essai vise à confirmer la capacité du modèle numérique utilisé à simuler les essais de chute. **Au regard de ces éléments,**

l'IRSN estime que les justifications de la tenue mécanique du colis, hors étanchéité, en conditions accidentelles de transport sont acceptables.



Par contre, pour l'IRSN, l'approche numérique du requérant, bien que très développée, ne permet pas de statuer sur le maintien de l'étanchéité du modèle de colis en conditions accidentelles de transport. Pour justifier ce point, lors de l'expertise, le requérant a réalisé une analyse de similitudes du modèle de colis TN Eagle® avec deux concepts d'emballages 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 après les épreuves réglementaires. Cette analyse confirme notamment que le modèle de colis TN Eagle® présente des améliorations de conception significatives par rapport à ces concepts d'emballage (augmentation importante des épaisseurs de bois des capots, amortisseur interne de cavité...). En outre, le modèle de colis TN Eagle® présente un meilleur maintien des couvercles d'étanchéité. Ainsi, ce modèle de colis 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 au maintien de l'étanchéité du modèle de colis TN Eagle® à l'issue des chutes représentatives des conditions accidentelles de transport est acceptable.**

Pour compléter l'état des connaissances sur les joints métalliques, qui sont un élément sensible pour la sûreté du modèle de colis, le requérant a débuté un programme d'essais, visant à évaluer l'influence d'un glissement et d'un décollement du joint, phénomènes représentatifs des sollicitations subies en conditions accidentelles. **Les premiers résultats de ce programme confortent la démonstration de l'étanchéité du colis TN Eagle®. La poursuite de ce programme d'essais permettra d'affiner ces premiers résultats.**

L'analyse du comportement de l'emballage lors d'une chute sur poinçon s'appuie sur une étude de similitudes avec les maquettes de chute de deux concepts d'emballages existants pour évaluer le risque d'impact sur le système de fermeture. Cette analyse est, sur le principe, acceptable. L'IRSN considère qu'elle devrait être confortée, d'une part en étudiant la tenue des vis du système de fermeture, d'autre part en tenant compte de la température maximale atteinte en conditions normales de transport et en améliorant la modélisation des blocs de bois. **Toutefois, pour l'IRSN, le volume de bois disponible dans les capots amortisseurs devrait permettre d'exclure l'impact du poinçon sur les composants rigides du système de fermeture du colis.** À cet égard, le requérant s'est engagé à réviser l'évaluation du comportement du modèle de colis TN Eagle® à l'issue de la chute sur poinçon. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

3.3. ANALYSE DU RISQUE DE RUPTURE FRAGILE

Le requérant analyse le risque de **rupture fragile**, à basse température, de l'enveloppe de confinement du colis, dont la nuance d'acier est sensible à ce risque. Pour cette analyse, il considère une **ténacité** minimale dynamique à froid de l'acier et des défauts de référence dans les pièces réalisées. Il conclut à l'absence de risque. **Les conclusions du requérant n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Le risque de rupture fragile de la soudure entre la virole et le fond de l'emballage n'est pas évalué, le requérant estimant que l'analyse précitée est enveloppe. À cet égard, il a transmis une note de synthèse de la qualification de cette soudure, le domaine de validité de la qualification du procédé de soudage utilisé ainsi que les critères de validité mis en œuvre dès lors que de nouveaux modes opératoires de soudage ou de nouveaux fournisseurs sont choisis pour réaliser la soudure. Des essais ont également été réalisés afin de démontrer que le métal déposé est plus résistant que le métal de base. **Ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, le requérant prévoit de réaliser un **contrôle de type ultrason** codifié dans le **code ASME** de type « **pulse-écho** » pour vérifier la bonne réalisation de la soudure fond/virole. Sur ce point, la position de cette soudure par rapport au fond de la cavité n'étant pas spécifiée sur le plan de concept de l'emballage, il n'est pas acquis qu'un contrôle complet de la soudure depuis la face interne de la virole soit réalisable. À cet égard, le requérant s'est engagé à transmettre, pour les fabrications des emballages, la position minimale de cette soudure par rapport au fond de la cavité permettant d'assurer la réalisation son contrôle sur les deux faces de la virole. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

La **rupture fragile** est la rupture d'un matériau de manière brutale sans déformation préalable. Les matériaux dits fragiles (verre, céramique par exemple) sont plus sensibles à ce type de phénomène que les matériaux dits ductiles (caoutchouc, or par exemple). Le risque de rupture fragile augmente lorsque la température du matériau est basse.

La **ténacité** est la capacité d'un matériau à résister à la propagation d'une fissure. Cette propriété intrinsèque du matériau participe à l'évaluation du risque de rupture fragile du composant de l'emballage considéré.

Le **contrôle ultrason de type « pulse écho »** est un contrôle non destructif qui permet de vérifier la conformité des pièces forgées ou des soudures. Ce contrôle est réalisé à l'aide d'une onde ultrasonore qui se propage dans le composant à inspecter et est analysée à l'issue de son interaction avec le matériau.

Le **code ASME (American Society of Mechanical Engineers)** est un code de conception, de construction, d'inspection et d'essai pour les équipements tels que les chaudières à vapeur et les appareils sous pression mais également les équipements utilisés dans l'industrie nucléaire.

4. COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS

L'évaluation du comportement thermique du modèle de colis TN Eagle®, dans toutes les conditions de transport, repose sur des calculs numériques.

4.1. CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Le requérant évalue le **comportement thermique** du modèle de colis en tenant compte des conditions d'ambiance thermique des conditions normales de transport spécifiées dans la réglementation. Il indique que le modèle de colis est conçu pour être transporté en utilisation exclusive et que la température des surfaces accessibles du colis sera contrôlée avant transport, une barrière thermique pouvant, le cas échéant, être ajoutée.

Ainsi, le requérant ne démontre pas formellement dans le dossier de sûreté que la température des surfaces accessibles du colis, sans ensoleillement et à la température réglementaire de 38°C, n'excède pas 85°C en utilisation exclusive (§ 655 de la réglementation)[2]. De plus, la réalisation de mesures de température avant transport pose des difficultés opérationnelles, notamment au regard de la température ambiante qui pourrait être inférieure à 38°C. Le requérant s'est engagé à réaliser, avant la délivrance du certificat d'agrément, une étude sur ce point. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

L'étude du **comportement thermique** du modèle de colis permet de déterminer les températures atteintes par les composants du colis dans les conditions de transport définies par la réglementation de l'AIEA [2].

4.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Le requérant évalue le comportement thermique du modèle de colis à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie simulant les conditions accidentelles de transport (feu de 800°C pendant 30 minutes), en tenant compte des dommages au colis découlant des chutes associées à ces conditions. Pour cette évaluation, il considère qu'un pourcentage de la matière radioactive est dispersé dans la cavité du colis et que la combustion du bois des capots se poursuit à l'issue de la phase de feu, induisant une augmentation de la température des joints. Il conclut que les fonctions de sûreté du colis restent assurées à l'issue de l'épreuve d'incendie.

Les températures d'utilisation des joints métalliques en régimes continu et transitoire considérées dans cette étude sont spécifiées dans le dossier de sûreté et vérifiées par essai de qualification. Toutefois, le requérant n'a pas présenté la procédure de ces essais. En particulier, il n'est pas justifié que les conditions thermo-mécaniques retenues sont représentatives des sollicitations des conditions accidentelles de transport. Le requérant s'est engagé à expliciter la qualification des joints métalliques du modèle de colis, au regard des températures atteintes lors de l'épreuve d'incendie des conditions accidentelles de transport. **Pour cet engagement, il conviendra que le requérant s'assure que la qualification soit représentative des conditions mécaniques de mise en œuvre des joints dans leur gorge. En tout état de cause, l'IRSN estime que la marge dégagée par rapport à la température limite d'utilisation des joints métalliques en régime transitoire permet de considérer le maintien de l'intégrité des fonctions de sûreté du modèle de colis TN Eagle® en conditions accidentelles de transport. Les températures atteintes par les autres composants de l'emballage pour ces conditions n'appellent pas de remarque particulière.**

5. CONFINEMENT

Le requérant évalue les rejets potentiels de substances radioactives à l'issue des épreuves réglementaires représentatives des conditions normales et accidentelles de transport. Les calculs sont réalisés en considérant des hypothèses pénalisantes, en particulier une rupture de toutes les gaines des crayons combustibles dans toutes les configurations. Les critères réglementaires de relâchement d'activité du colis sont respectés dans toutes les conditions de transport. **Ces points n'appellent pas de remarque.**

Le requérant étudie le comportement en conditions accidentelles de transport des joints en élastomère des couvercles primaire et secondaire. Il justifie notamment que le taux de remplissage des gorges des joints est toujours inférieur à 100 %. Sur la base de cette étude, il spécifie le volume minimal de ces gorges comme paramètre de sûreté. Or, ce volume n'est pas, à lui seul, suffisant pour garantir le bon comportement du joint dans sa gorge. À cet égard, le requérant s'est engagé à transmettre une illustration des dimensions et des tolérances des gorges des joints élastomères qui pourraient être spécifiées pour la fabrication des emballages, afin de montrer la faisabilité du respect des volumes minimaux de gorge des joints élastomères spécifiés dans le dossier de sûreté. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

6. RADIOPROTECTION

Le requérant démontre, par calculs, le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose (DED) au contact et au voisinage du colis dans toutes les conditions de transport. **Ceci est satisfaisant.**

Il n'a pas évalué le DED à une distance de 2 m du véhicule en conditions de transport de routine. Il considère qu'il appartiendra à l'expéditeur de s'assurer, par calcul, du respect du critère associé préalablement au chargement du colis en s'appuyant sur les caractéristiques réelles du contenu transporté. **À cet égard, au regard de la complexité potentielle de ces calculs, l'IRSN estime qu'il conviendrait *a minima* de mieux cadrer cette activité en lien avec la radioprotection, sur les plans technique (exigences concernant les outils de calcul et leur**

qualification, les méthodes de calculs, les données et les paramètres de calculs...) et organisationnel (qualification du personnel chargé de réaliser les calculs, procédure de validation des données des études et des résultats...).

Enfin, les calculs du requérant considèrent une résine vieillie sur une durée d'un an. Ce point est abordé au paragraphe 10.1 de l'avis. De plus, le dossier de sûreté n'exclut pas la réutilisation et le rechargement d'un exemplaire déjà utilisé (dont les caractéristiques des matériaux ont évolué) avec un contenu présentant les caractéristiques maximales autorisées. Sur ce point, le requérant s'est engagé à intégrer, avant la délivrance du certificat d'agrément, dans le chapitre de l'utilisation de l'emballage du dossier de sûreté, une exigence interdisant le rechargement de l'emballage TN Eagle® avec un nouveau contenu. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

7. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

Le requérant démontre la prévention des risques de criticité en conditions normales et accidentelles de transport, en tenant compte d'une pénétration limitée d'eau dans la cavité. En effet, le modèle de colis TN Eagle® est équipé de deux barrières dont l'intégrité est démontrée dans ces conditions de transport. **Ces points n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

8. AUTRES RISQUES

En cours d'expertise, le requérant a transmis une analyse des risques induits par la **radiolyse de l'eau** potentiellement présente dans la cavité de l'emballage, qui n'appelle pas de remarque notable de l'IRSN.

Par ailleurs, il justifie l'efficacité des opérations de séchage de la cavité de l'emballage en s'appuyant sur deux essais réalisés avec des maquettes représentatives de paniers de deux autres modèles de colis. Il conclut que ces opérations permettent d'exclure, pour l'ensemble des chargements, les risques d'accumulation significative de dihydrogène liée à la radiolyse de l'eau résiduelle dans la cavité de l'emballage. À cet égard, le requérant n'a pas pris en compte, lors des essais, la présence des assemblages combustibles dans les logements du panier et les maquettes utilisées dans les essais présentent des différences par rapport aux paniers du modèle de colis TN Eagle®. Aussi, le requérant s'est engagé à compléter la démonstration de l'efficacité du séchage de la cavité du colis au regard de la géométrie du modèle de colis TN Eagle®, notamment de la cavité, des paniers et des contenus transportés. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

La **radiolyse** est la décomposition de substances chimiques sous l'effet de rayonnements ionisants. Par exemple, la décomposition de l'eau (molécule d' H_2O) conduit à la formation notamment de dihydrogène (H_2) qui est un gaz inflammable. La concentration potentielle d'hydrogène dans la cavité de l'emballage est évaluée lors de la conception du modèle de colis afin de prévenir tout risque d'explosion.

9. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE DU COLIS

Le requérant définit des opérations de vérification de la conformité des emballages à l'issue de leur fabrication, que l'IRSN considère acceptables. Il s'est par ailleurs engagé à contrôler les enveloppes de confinement d'un exemplaire d'emballage soumises à la pression maximale des conditions accidentelles de transport, en application du paragraphe 501 a) de de la réglementation. **L'IRSN considère cet engagement acceptable.**

Les opérations d'utilisation et de maintenance de l'emballage présentées dans le dossier de sûreté, complétées par un engagement du requérant relatif aux opérations de serrage visant à assurer un serrage uniforme, sont satisfaisantes.

10. VIEILLISSEMENT ET GESTION OPERATIONNELLE PENDANT L'ENTREPOSAGE

L'édition 2018 de la réglementation AIEA a introduit des exigences en lien avec le vieillissement des composants des modèles de colis.

10.1. VIEILLISSEMENT

Au cours de l'expertise, le requérant a transmis des analyses relatives au vieillissement des composants du colis. Il définit notamment des exigences (température, humidité, niveau d'irradiation...) relatives à la période d'entreposage et évalue, sur cette base, les conséquences du vieillissement des composants du colis pendant cette période.

Pour les joints métalliques, le requérant considère une diminution de leur **restitution élastique** pendant l'entreposage, paramètre influant sur la capacité du joint à assurer l'étanchéité du colis, et conclut que cette diminution ne met pas en cause la sûreté du modèle de colis. À cet égard, en s'appuyant sur une étude montrant une diminution de la restitution élastique de joints métalliques plus importante que celle considérée par le requérant, l'IRSN considère qu'il devrait être confirmé que le retour élastique des joints métalliques reste supérieur au décollement des couvercles du TN Eagle® en conditions accidentelles de transport. Toutefois, la représentativité des joints de cette étude n'est pas établie. Le requérant s'est engagé à présenter d'ici deux ans un programme d'essais sur des joints métalliques visant à conforter l'état des connaissances sur leur vieillissement sur des durées représentatives des périodes d'entreposage considérées pour le modèle de colis TN Eagle®. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

La **restitution élastique** est une propriété physique du joint métallique qui désigne sa capacité à revenir à son volume initial après avoir été comprimé par le couvercle d'étanchéité du colis. Lors des épreuves de chute représentatives des conditions accidentelles de transport, le couvercle peut se décoller légèrement. La restitution élastique du joint garantit alors l'étanchéité du colis.

Selon la configuration retenue lors de l'entreposage (en conservant ou non le couvercle secondaire utilisé pour le transport), l'étanchéité du colis est surveillée par **contrôle de pression au niveau de l'espace interjoint** du couvercle primaire ou de l'espace inter-couvercle. Dans la configuration d'entreposage sans le couvercle secondaire de transport, le contrôle est réalisé en utilisant le volume délimité par le joint d'étanchéité, métallique, et le joint de contrôle, éventuellement en élastomère, du couvercle primaire. Aussi, l'IRSN considère que le requérant doit garantir que le vieillissement du joint en élastomère n'est pas de nature à mettre en cause la réalisation de ce test d'étanchéité. Le requérant s'est engagé à spécifier dans le dossier de sûreté, avant la délivrance du certificat d'agrément, que dans le cas d'un entreposage sans couvercle secondaire, soit le couvercle primaire est équipé d'un joint externe métallique, soit il doit être démontré avant chargement que le test d'étanchéité du couvercle primaire peut être réalisé sans considérer la présence du joint externe en élastomère. **L'IRSN considère que l'entreposage, sans le couvercle secondaire de transport, d'un colis muni d'un joint de contrôle du couvercle primaire en élastomère devrait être interdit en l'absence de démonstration.**

Une **variation de la pression au niveau de l'espace situé entre le joint de contrôle et le joint d'étanchéité** du couvercle primaire ou de l'espace situé entre les deux couvercles signifie que l'étanchéité du colis est dégradée.

Le requérant considère dans les études de radioprotection une résine vieillie un an. Or, la résine des colis transportés après une période d'entreposage aura subi un vieillissement de plusieurs décennies. Le requérant s'est engagé à démontrer le respect des exigences réglementaires en radioprotection du modèle de colis TN Eagle® pour un transport après entreposage en tenant compte du vieillissement de la résine sur une période représentative. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

En tout état de cause, les éléments présentés par le requérant constituent une base suffisante pour se prononcer sur la conformité à l'édition 2018 de la réglementation de l'AIEA au regard de l'état de l'art relatif à la déclinaison des exigences du paragraphe 613A, concernant la prise en compte des mécanismes de vieillissement dans les démonstrations de sûreté. L'IRSN considère qu'ils pourraient être complétés, lors de prochaines prorogations, en considérant d'autres aspects du vieillissement. Ceci pourra s'inscrire dans le cadre de la conformité aux paragraphes 809 f) et k), relatifs à la mise en œuvre d'un programme d'analyse des écarts qui doit permettre d'évaluer périodiquement les changements au niveau de la réglementation, des connaissances techniques et de l'état du modèle de colis pendant l'entreposage.

10.2. GESTION OPERATIONNELLE

Le dossier de sûreté mentionne deux opérations de surveillance réalisées pendant la phase d'entreposage : le suivi de l'étanchéité de l'emballage et l'examen visuel de sa surface externe tous les six mois. De plus, en cas d'agression ou de défaillance du colis, une analyse sera réalisée pour vérifier l'absence d'impact significatif sur les fonctions de sûreté du colis.

Concernant les opérations de surveillance, le requérant ne définit pas les paramètres à surveiller pendant l'entreposage, qui devront assurer la conformité des colis entreposés à l'issue de la phase d'entreposage. Il s'est engagé à compléter le dossier de sûreté en ce sens avant la première livraison d'emballage. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

Par ailleurs, le requérant liste une série d'opérations à réaliser pour la remise au transport d'un emballage après une période d'entreposage. De manière générale, ces opérations doivent garantir que les performances du colis sont conformes à celles prises en compte dans les démonstrations de sûreté. À cet égard, le requérant ne considère pas les capots dans la note de vieillissement. Il s'est engagé à réviser le programme de maintenance de façon à définir les conditions de maintenance de ces capots garantissant leur conformité lors de la remise au transport d'un emballage entreposé. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

11. SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA QUALITE

Le classement des composants de l'emballage est fondé sur une norme américaine. Ces composants sont répartis en trois catégories, suivant leur importance pour la sûreté. En fonction de la catégorie, des contrôles en fabrication sont définis par le requérant. La norme définit également les documents du système de management de la qualité associés à chaque catégorie de composant. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Par ailleurs, le requérant s'est engagé, avant le premier transport du modèle de colis TN Eagle®, à compléter les principes du système de management de la qualité régissant ses relations avec les utilisateurs de l'emballage pour ce qui concerne l'acquisition du retour d'expérience au regard du vieillissement, en déclinaison du paragraphe 809 de l'édition 2018 de la réglementation de l'AIEA. **L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

12. CONCLUSION

Sur la base du dossier de sûreté transmis et des informations apportées au cours de l'expertise, et compte tenu des engagements pris par le requérant auprès de l'ASN, l'IRSN estime que le modèle de colis TN Eagle®, destiné au transport d'assemblages combustibles irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée ou à eau bouillante, est conforme aux prescriptions de l'édition 2018 de la réglementation des transports de l'AIEA applicable aux colis de type B(U) pour matières fissiles.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Igor LE BARS

Directeur de l'expertise de sûreté