

Fontenay-aux-Roses, le 30 novembre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00176

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

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2023-023907 du 30 mai 2023.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2018.
[3] Guide de l'AIEA - SSG-26 - Édition de 2018.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) sur la conformité au règlement cité en deuxième référence du modèle de colis TN Eagle®, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande d'extension d'agrément présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (NPS), dénommée « le requérant » dans la suite du présent avis.

Le modèle de colis TN Eagle®, actuellement agréé jusqu'au 31 décembre 2025 en tant que colis de type B(U) pour matières fissiles pour ses versions 18-45 et 18-41, est destiné au transport sur la voie publique (par voies routière, ferroviaire, fluviale ou maritime) et à l'entreposage à sec d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX), irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée (REP) ou dans les réacteurs à eau bouillante (REB).

La présente demande d'extension d'agrément concerne la version 18-45 destinée au transport et à l'entreposage de combustibles UOX irradiés en REB et une nouvelle version 16-41 destinée au transport, en vue d'un éventuel entreposage, de combustibles à base d'UOX et d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX), irradiés dans des REP. La demande d'extension comprend plusieurs modifications portant sur le concept d'emballage et sur les contenus actuellement agréés. À cet égard, le requérant a mis à jour le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle® pour tenir compte de ces modifications et pour répondre à certaines des demandes formulées par l'ASN à l'issue de la première demande d'agrément en 2020.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

Le modèle de colis TN Eagle®, de forme générale cylindrique, est composé d'une virole en acier au carbone, entourée des anneaux de blindage remplis de blocs de résine neutrophage. La cavité est fermée par deux couvercles dont l'étanchéité est garantie par des joints métalliques. La face interne du couvercle primaire est équipée d'un système d'amortissement visant à réduire les sollicitations dues à un éventuel impact du contenu

sur le système de fermeture en conditions accidentelles. Chaque extrémité de l'emballage est munie d'un capot amortisseur constitué d'une enveloppe en acier remplie de blocs de bois. Le modèle de colis TN Eagle® est modulaire, avec des dimensions adaptables pour différents contenus.

1.2. DESCRIPTION DES MODIFICATIONS

Les principales modifications apportées au modèle de colis TN Eagle®, dont certaines sont optionnelles, comprennent l'utilisation d'un matériau métallique dans les capots amortisseurs, la mise en œuvre d'une nouvelle résine, la fabrication de la virole de l'enveloppe de confinement, l'utilisation d'une nouvelle nuance de joints d'étanchéité, la modification de certaines vis de fermeture, ainsi que la mise en place de certains dispositifs (des ailettes de refroidissement sur les anneaux, un revêtement sur les portés de joints et une protection neutronique dans le couvercle primaire). À cet égard, le requérant présente deux options distinctes d'emballage, l'une avec un capot en bois (option standard) et l'autre avec un capot partiellement fabriqué avec un amortisseur métallique sur sa partie radiale (option HSA).

L'IRSN considère que la démonstration de sûreté doit couvrir l'ensemble des modifications possibles, indépendamment du caractère optionnel de leur mise en œuvre. De plus, la masse maximale définie dans le chapitre relatif à la description du modèle de colis TN Eagle® n'est pas toujours cohérente avec celle retenue dans les démonstrations de sûreté, notamment pour ce qui concerne le capot modifié. **Ainsi, il appartiendra au requérant de modifier le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description du modèle de colis TN Eagle® afin d'identifier clairement les différentes versions de l'emballage avec leurs choix d'options possibles, ainsi que leur masse. En outre, l'IRSN propose de modifier le projet de certificat d'agrément pour permettre d'identifier clairement les différentes versions de l'emballage avec leurs choix d'options possibles et leur masse.**

1.3. DESCRIPTION DES CONTENUS

Dans le cadre de l'extension d'agrément du modèle de colis TN Eagle®, le requérant apporte des modifications au contenu autorisé et aux aménagements internes. La version 18-45 peut désormais contenir jusqu'à 76 assemblages combustibles UOX de type REB. La version 16-41 peut accueillir jusqu'à 26 assemblages combustibles REP 17 x 17, dont 12 assemblages MOX maximum (le reste étant constitué d'assemblages UOX).

S'agissant des aménagements internes, le requérant a modifié la géométrie des paniers de type 2 pour la version 18-45 et a retenu des paniers de type 3 similaires aux précédents pour la version 16-41. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

1.4. DEMANDES ASN ET ENGAGEMENTS PRIS LORS DE L'AGRÉMENT INITIAL

L'IRSN relève que, dans le cadre de cette demande d'extension d'agrément, le requérant répond à certaines des demandes de l'ASN et traite certains engagements pris lors de l'agrément initial. L'IRSN a examiné uniquement les éléments de réponse directement en lien avec les modifications objet de la demande d'extension. En tout état de cause, l'IRSN relève que ces réponses concernent principalement la version 18-45 du modèle de colis TN Eagle®. **Aussi, il appartiendra au requérant d'étendre les études associées à ces demandes pour garantir que les démonstrations de sûreté couvrent l'ensemble des versions et des options du modèle de colis TN Eagle®.**

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

Le requérant évalue les efforts induits dans les composants de l'enveloppe de confinement du modèle de colis TN Eagle® pour les conditions de transport de routine (CTR), en prenant en compte la pression maximale dans la cavité et les accélérations dues aux vibrations de transport. Il démontre que ces efforts sont inférieurs aux critères de dimensionnement. En outre, le requérant évalue la tenue mécanique, d'une part des anneaux de manutention, d'autre part des structures annexes telles que les tôles de capots. Il conclut que la tenue mécanique du modèle de colis TN Eagle® en CTR est satisfaisante. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, le requérant étudie l'influence du nouveau capot (option HSA) sur les performances d'étanchéité du modèle de colis TN Eagle® en conditions accidentelles de transport (CAT). L'utilisation de ce nouveau capot induit une augmentation des décollements résiduels des couvercles au niveau des portées de joints, sans que le critère d'étanchéité soit mis en cause. Cependant, les calculs du requérant montrent que le décollement transitoire pour le couvercle secondaire dépasse le critère d'étanchéité. **Aussi, bien que ce phénomène soit limité dans le temps, l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier qu'un décollement transitoire supérieur au critère retenu ne met pas en cause les performances d'étanchéité du modèle de colis TN Eagle®, notamment pour ce qui concerne les limites réglementaires de relâchement d'activité.**

Concernant le comportement du modèle de colis TN Eagle® avec le nouveau capot (option HSA) lors d'une chute sur poinçon, le requérant s'appuie, pour évaluer le risque d'impact sur le système de fermeture, sur une étude de similitudes avec les maquettes de chute des modèles de colis TN 97 L et TN 843, dont la conception est similaire. Cette méthode de démonstration est identique à celle expertisée lors de la première demande d'agrément. **Aussi, il appartiendra au requérant de tenir compte de l'engagement pris lors de cette expertise pour réviser l'évaluation du comportement du modèle de colis TN Eagle® à l'issue de la chute sur poinçon avant le prochain renouvellement d'agrément.**

Le requérant n'a pas étudié les conséquences d'un impact du poinçon sur l'enveloppe de confinement, en particulier sur le couvercle secondaire, lors d'une chute oblique avec alignement du poinçon sur le centre de gravité du colis au travers de la zone uniquement recouverte de blocs de bois présentant de faibles contraintes d'écrasement. **Aussi, bien que les couvercles soient très rigides, l'IRSN estime que le requérant pourrait étudier cette configuration de chute spécifique.**

S'agissant de l'analyse du risque de rupture fragile des éléments de l'enveloppe de confinement, le requérant étudie le comportement mécanique de la virole forgée lors des chutes de 9 m et sur poinçon et celui du couvercle primaire lors d'une chute de 9 m. Par contre, il n'a pas étudié la tenue mécanique du couvercle secondaire, fabriqué avec une nuance d'acier sensible à la rupture fragile. Or, l'analyse de sûreté-criticité du requérant repose sur la présence d'une double barrière d'étanchéité, donc sur le maintien de l'intégrité de ce couvercle. **Aussi, bien que son comportement apparaisse similaire à celui du couvercle primaire qui présente par ailleurs des marges de sûreté satisfaisantes, l'IRSN estime que le requérant pourrait étudier le risque de rupture fragile du couvercle secondaire du modèle de colis TN Eagle®.**

Enfin, le requérant a réalisé une étude du comportement mécanique du contenu (panier et assemblages) en CAT qui tient compte d'une modélisation différente de celle proposée lors de l'agrément initial, sans apporter d'élément permettant de justifier le caractère représentatif ou conservatif de la modélisation retenue. **À cet égard, bien que les résultats présentent des marges de sûreté acceptables, l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier le caractère conservatif de la modélisation retenue pour l'étude de la tenue du panier du modèle de colis TN Eagle®.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Le requérant a modifié les démonstrations relatives au comportement thermique afin de prendre en compte les modifications apportées au modèle de colis, de répondre à certaines demandes formulées par l'ASN et d'apporter des éléments de justification en lien avec certains des engagements qu'il avait pris à l'issue de la première demande d'agrément.

Le requérant précise que le modèle de colis TN Eagle® assure le transport d'un contenu avec une puissance totale maximale différenciée pour les versions 16-41 et 18-45, chacune ayant son propre profil de puissance thermique. À cet égard, le requérant n'a pas justifié le caractère conservatif ou représentatif de ces profils dans le dossier de sûreté. **Aussi, bien que les résultats des études thermiques présentent des marges de sûreté acceptables, l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier l'utilisation des profils de puissance thermiques retenus.**

3.1. CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Pour mémoire, le requérant avait pris, à l'issue de l'expertise de la demande d'agrément initiale, un engagement concernant les températures externes de l'emballage en l'absence d'ensoleillement, en lien avec la conformité du modèle de colis TN Eagle® au paragraphe 655 du règlement cité en deuxième référence. Il a ainsi présenté, préalablement à la délivrance de l'agrément initial, une étude numérique pour les versions 18-45 et 18-41, visant à déterminer les puissances maximales autorisées pour maintenir les températures sous le critère réglementaire de 85 °C sur les surfaces accessibles de la version 18-45 du modèle de colis TN Eagle®. Cette étude n'a pas été incluse dans le dossier de sûreté et a été réalisée avec la définition initiale de la version 18-45 du modèle de colis TN Eagle®. Elle ne prend donc en compte, ni les modifications apportées au modèle d'emballage, ni la définition du nouveau contenu. **Aussi, l'IRSN estime que cet engagement reste à prendre en compte pour les versions 18-45 et 16-41 du modèle de colis TN Eagle®.**

Par ailleurs, la puissance totale maximale autorisée dépasse la puissance thermique maximale permettant de maintenir les températures sous le critère de 85 °C sur toute surface du colis. Cela signifie que, en l'absence de barrière thermique, ce critère, précisé dans le paragraphe 655 du règlement cité en deuxième référence, ne peut pas être respecté pour le modèle de colis TN Eagle® chargé à la puissance maximale autorisée. **À cet égard, il appartient au requérant, le cas échéant, de demander auprès de l'autorité de sûreté compétente une autorisation de transport confiné.**

Concernant les ailettes de refroidissement, ces dernières n'étant pas représentées dans la modélisation numérique, le requérant retient des coefficients de convection équivalents permettant de les prendre en compte. Il détermine ces coefficients pour le modèle TN Eagle® sur la base d'un essai thermique réalisé sur un colis TN 24 BH et d'un ajustement pour prendre en compte les différences de géométrie. L'IRSN relève des imprécisions liées à la méthode de recalage qui repose sur des équations théoriques. En outre, le requérant a globalement surestimé, pour la version 18-45, la valeur du coefficient de convection dans son étude par rapport aux valeurs expérimentales transposées au colis TN Eagle®, ce qui pourrait conduire à une sous-estimation de la température des composants du modèle de colis TN Eagle®. **À cet égard, bien que cette surestimation soit inférieure à 2 %, l'IRSN estime que le requérant pourrait étudier l'influence de la surestimation de l'échange convectif sur les températures des composants du modèle de colis TN Eagle®.**

3.2. CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Les modifications apportées par le requérant à l'étude thermique en CAT incluent, d'une part une mise à jour de la modélisation des capots pour tenir compte du matériau métallique, d'autre part un ajustement du coefficient de convection pour la surface ailetée de l'emballage durant les phases d'incendie et de refroidissement. Le requérant démontre par calcul que la température maximale atteinte par les composants sensibles du colis demeure inférieure à leur température limite d'utilisation. Néanmoins, le requérant n'a pas pris en compte la possible variation des caractéristiques thermiques des bois des capots en fonction de la température. En particulier, le bois brûlé en contact avec le capot pourrait modifier les échanges thermiques pendant la phase de refroidissement. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier que la prise en compte de telles caractéristiques ne met pas en cause ses conclusions, en particulier sur la plage de température allant jusqu'à 800 °C en CAT.**

Concernant le risque de poursuite de la combustion du bois des capots après l'épreuve d'incendie, le requérant considère qu'elle pourrait entraîner une augmentation de la température de l'ordre de 50 °C, notamment pour le joint métallique du couvercle secondaire, en s'appuyant sur un essai de référence concernant le modèle de colis TN 12/2. Il souligne en outre que, compte tenu de leur température maximale d'utilisation, les joints métalliques conservent une marge de sûreté supérieure à cette augmentation de température. **Même si cela est acceptable au regard des essais de caractérisation réalisés sur ces joints, l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier la représentativité de l'essai de référence ayant permis de calculer l'augmentation de la température de 50 °C par rapport aux caractéristiques du modèle de colis TN Eagle®.**

4. CONFINEMENT

Le requérant a modifié l'analyse du confinement de la matière transportée avec le modèle de colis TN Eagle® pour tenir compte des modifications objet de la présente demande d'extension d'agrément, en suivant une approche similaire à celle présentée pour l'agrément initial. En particulier, les pressions internes maximales dans la cavité du colis restent en dessous du critère de pression d'utilisation normale maximale de 7 bar relatifs en tenant compte des effets de la température et de la remontée de pression au cours d'un an de transport. **Bien que les pressions soient surveillées lors des phases d'entreposage et que les températures diminuent avec la décroissance des éléments radioactifs, l'IRSN estime que le requérant pourrait compléter l'évaluation des pressions maximales à l'intérieur de l'emballage TN Eagle® en considérant le temps d'entreposage maximal envisagé et la production d'hélium par la décroissance des radionucléides émetteurs de particules alpha.**

Concernant le relâchement d'activité, le requérant évalue les émissions de gaz et d'aérosols à l'extérieur de l'emballage, en négligeant la perméation en raison de l'utilisation de joints métalliques. Pour la version 18-45 du modèle de colis TN Eagle®, il a notamment pris en compte l'augmentation de la température des joints métalliques, en raison de la mise à jour de l'analyse thermique, et les caractéristiques radiologiques du nouveau contenu modifié. Pour la version 16-41, le requérant a réalisé les calculs de relâchement d'activité selon une méthode identique à celle de la version 18-45, en considérant en particulier la rupture de tous les assemblages, les températures maximales des gaz dans la cavité, le taux de fuite maximale du modèle de colis TN Eagle®, la pression extérieure, la température des joints et un taux de relâchement des gaz de fission conforme aux prescriptions de l'ASN pour les contenus UOX et MOX. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En réponse à un engagement relatif à la définition des joints métalliques, le requérant précise leurs caractéristiques dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®. Cependant, il ne détaille, ni le matériau de la couche interne du joint, ni les versions spécifiques retenues dans la nuance spécifiée. De plus, les dimensions géométriques des éléments du joint, y compris l'épaisseur du revêtement d'étanchéité, ne sont pas spécifiées au regard des caractéristiques retenues dans les démonstrations de sûreté. **Bien que les caractéristiques soient a priori garanties par le fabricant pour les spécifications demandées par le requérant, l'IRSN estime que le requérant pourrait spécifier, dans le chapitre de description du modèle de colis du dossier de sûreté, les caractéristiques importantes pour la sûreté à garantir en fabrication des joints métalliques du modèle de colis TN Eagle®.**

En outre, les plans de sûreté, fournis dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description du modèle de colis TN Eagle®, ne présentent pas la géométrie de la gorge du joint externe du couvercle primaire lorsque ce dernier est métallique. Ceci pourrait affecter la compréhension de la conception et des performances d'étanchéité de l'emballage TN Eagle®. **Aussi, bien qu'il soit de la responsabilité du requérant de transmettre au fabricant les cotes de sûreté, l'IRSN estime que le requérant pourrait compléter le dossier de sûreté avec les plans de sûreté du modèle de colis TN Eagle® valables pour toutes les configurations.**

Enfin, le requérant ne précise pas les dimensions des gorges de joint externe en élastomère des couvercles primaire et secondaire de la version 16-41 du modèle de colis TN Eagle®. Aussi, le requérant n'a pas justifié le volume minimal de gorge, retenu dans l'évaluation du taux de remplissage de la gorge. Une extrusion de ces joints pourrait conduire à mettre en cause l'étanchéité du modèle de colis. **L'IRSN estime que le requérant pourrait préciser, dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®, toutes les dimensions nécessaires à l'évaluation du volume de la gorge, ainsi que les tolérances associées à la gorge de joint externe des couvercles primaire et secondaire.**

5. RADIOLYSE

Le requérant analyse les risques induits par la radiolyse de l'eau sur la base d'hypothèses qui couvrent à la fois les versions 18-45 et 16-41 du modèle de colis TN Eagle®, notamment pour ce qui concerne le volume libre de la cavité et la quantité d'eau susceptible d'être présente à l'issue des opérations de séchage. Il conclut que le

mélange gazeux dans la cavité du colis ne présente pas de risque d'inflammation lors du transport, y compris en CAT. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

6. RADIOPROTECTION

Le requérant a modifié les modèles numériques utilisés pour les études de radioprotection, notamment pour inclure la nouvelle version de l'emballage 16-41, l'utilisation du capot HSA, la nouvelle résine neutrophage et les nouvelles caractéristiques des assemblages combustibles. Aussi, pour les cas enveloppes, le requérant évalue un débit d'équivalent de dose (DED) maximal au contact de la version 18-45 du modèle du colis inférieur au critère réglementaire de 10 mSv/h, applicable dans le cas d'un transport sous utilisation exclusive, et un DED maximal inférieur à 2 mSv/h pour la version 16-41.

Concernant les hypothèses d'irradiation et les plans de chargement des assemblages dans le panier, l'IRSN relève que le plan de chargement, tel que présenté dans le dossier de sûreté, ne concorde pas avec celui défini dans le projet de certificat d'agrément. **Aussi, l'IRSN propose de modifier le projet de certificat d'agrément du modèle de colis TN Eagle®.**

En lien avec le paragraphe 617 du règlement cité en deuxième référence relatif au dimensionnement du blindage radiologique des modèles de colis, l'ASN demande à tous les requérants, depuis 2017, que le DED à 2 m du véhicule soit estimé ou, si les véhicules ne sont pas connus, que le DED à 2 m des colis soit évalué. Si la limite réglementaire pour les véhicules de 0,1 mSv/h est dépassée, des dispositions spécifiques doivent être prises par l'expéditeur avant le chargement, notamment au regard du paragraphe 573 relatif au transport sous utilisation exclusive. Le requérant ne mentionne aucun des éléments demandés dans le dossier de sûreté. Il précise toutefois, dans le chapitre relatif à l'utilisation du modèle de colis, que des évaluations de DED sont réalisées avant chargement. **Sur le principe, ceci est acceptable. Néanmoins, en conformité avec la demande de l'ASN, il appartiendra au requérant de réaliser une évaluation du DED à 2 m des parois du véhicule, dès lors que le système de transport et les éventuelles barrières seront définis pour les expéditions du modèle de colis TN Eagle® sur la voie publique.** Dans ce cadre, si des protections radiologiques sont nécessaires pour respecter les critères réglementaires, il lui appartiendra également de démontrer le maintien de leur performance en conditions de transport de routine.

Enfin, pour rappel, le paragraphe 573 du règlement cité en deuxième référence prescrit, lorsque le DED au contact du colis dépasse 2 mSv/h, la mise en place d'une enceinte sur le moyen de transport dans le but d'empêcher l'accès au colis des personnes non autorisées. **À cet égard, l'IRSN propose de mentionner dans le projet de certificat d'agrément que les enceintes doivent empêcher l'accès au personnel non autorisé.**

7. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant a ajouté de nouveaux contenus au plan de chargement du panier de type 2 de la version 18-45 du modèle de colis TN Eagle®. Cette extension concerne également la possibilité d'ajouter des crayons d'eau non débouchants, donc susceptibles de contenir de l'eau à l'issue des opérations de séchage. Le requérant a également ajouté une nouvelle étude de sûreté-criticité pour la nouvelle version 16-41.

L'analyse de sûreté-criticité tient compte de la présence d'une double barrière d'étanchéité, contrôlée avant chaque transport et constituée de deux couvercles fixés sur un corps épais en acier. Ceci permet de considérer une pénétration d'une quantité limitée d'eau en CAT, conformément aux exigences réglementaires. La démonstration de la maîtrise du risque de criticité repose sur une configuration considérant une ruine totale du contenu. Le requérant conclut à l'absence de risque de criticité dans toutes les conditions de transport et pour toutes les configurations. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

S'agissant des contenus objets de la demande d'extension d'agrément, leur description dans le projet de certificat d'agrément ne comporte pas de carquois, alors que certains chapitres du dossier de sûreté mentionnent la présence de tels composants. **L'utilisation des carquois pouvant exercer une influence sur la quantité d'eau à considérer dans la démonstration de sûreté, l'IRSN propose de préciser, dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis TN Eagle®, l'exclusion des carquois.**

8. FABRICATION

Dans le cadre de la présente demande, le requérant introduit une option de fabrication de la virole du modèle de colis TN Eagle® consistant à supprimer la soudure entre le fond et la virole pour ne conserver qu'un unique corps forgé, appelé forgé monobloc.

Le requérant décrit la gamme de fabrication du forgé monobloc en soulignant la sensibilité de la nuance d'acier au risque de formation de défauts dus à l'hydrogène. La maîtrise du risque de rupture fragile associé à ces défauts est assurée par la mesure du taux d'hydrogène, les traitements thermiques et les contrôles non destructifs mis en place pour détecter d'éventuels défauts après l'usinage. À cet égard, le requérant présente la qualification du processus de fabrication du forgé par le fournisseur qu'il a retenu permettant de justifier le maintien de ses propriétés mécaniques et la gestion des risques associés à la ségrégation¹ du carbone et aux défauts d'hydrogène. **L'IRSN estime que la qualification conduite par le requérant est satisfaisante.**

L'élaboration des lingots pour le forgé de qualification et les forgés de série du modèle de colis TN Eagle® est réalisée dans des conditions identiques. Cependant, le requérant n'a pas défini de domaine de validité pour certains paramètres importants par rapport aux valeurs validées en qualification. **Ce point a fait l'objet d'un engagement du requérant au cours de l'expertise que l'IRSN considère comme satisfaisant.**

S'agissant de la représentativité du forgé de qualification et de la reproduction des résultats en termes d'homogénéité chimique et de propriétés mécaniques, le requérant ne définit pas dans ses spécifications certains critères importants, notamment les concentrations de carbone et les épaisseurs. À cet égard, l'IRSN estime nécessaire que le requérant renforce le référentiel de spécification en définissant des critères, notamment en spécifiant une teneur maximale en carbone, des tolérances d'épaisseur et l'application de critères de contrôle spécifiques pour garantir la cohérence et la qualité dans la fabrication pour tout nouveau fournisseur. **Ce point a fait l'objet de trois engagements du requérant au cours de l'expertise que l'IRSN considère satisfaisants.**

Enfin, le requérant ne mentionne pas, dans le dossier de sûreté et dans les éléments transmis au cours de l'expertise, les mesures de dureté à l'intérieur de la cavité du forgé. **Ce point a fait l'objet d'un engagement du requérant au cours de l'expertise. L'IRSN considère que cet engagement est satisfaisant puisque les caractérisations prévues (filiations de teneur en carbone et essais mécaniques) sont suffisantes pour permettre de démontrer la maîtrise du risque d'hétérogénéité métallurgique au stade de la qualification.**

9. VIEILLISSEMENT

Le requérant a complété le chapitre relatif à l'évaluation des effets potentiels du vieillissement sur les caractéristiques des matériaux composant le modèle de colis TN Eagle®, qui avait fait l'objet d'une expertise lors de la première demande d'agrément, en ajoutant les composants objet de la présente demande d'extension. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante à l'objectif du nouveau paragraphe 613A du règlement cité en deuxième référence.** Dans une démarche de défense en profondeur, le requérant pourrait prendre en compte les points abordés dans la suite du paragraphe.

¹ Phénomène de concentration anormale en carbone pouvant se produire lors de la solidification du lingot à la coulée.

Le requérant considère que les effets de vieillissement sont principalement associés à l'irradiation subie par les matériaux pendant l'entreposage et aux températures maximales auxquelles ces composants sont exposés. **L'IRSN estime que le requérant pourrait compléter son analyse en étudiant l'influence combinée de la température maximale et de l'irradiation sur l'évolution des caractéristiques de ces composants.**

Concernant le nouveau joint métallique, le requérant a réalisé une campagne d'essais de qualification et a étudié les effets du vieillissement thermique du joint métallique à partir d'essais de vieillissement accéléré. Le requérant n'ayant pas réalisé d'essai d'étanchéité à basse température, **l'IRSN estime que le requérant pourrait étudier les performances du joint métallique à -40 °C lorsqu'il est vieilli.**

Enfin, le requérant a conduit des essais de glissement latéral dynamique pour évaluer les effets, sur le nouveau joint, d'un mouvement de glissement du couvercle dans les conditions de CAT, pour une bride équipée du nouveau revêtement en nickel. Il conclut que les performances d'étanchéité du système de fermeture sont maintenues dans cette configuration. **L'IRSN estime que le requérant pourrait justifier la représentativité des maquettes d'essai, plus petites que le système de fermeture du modèle de colis, par rapport aux performances d'étanchéité du modèle de colis TN Eagle®.**

10. SYSTÈME DE GESTION DE LA QUALITÉ

Pour de nombreux sujets de sûreté, le requérant apporte des justifications sous forme de courriers en réponse aux demandes de l'ASN et au cours des expertises de l'IRSN, sans en inclure les éléments essentiels dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®. Aussi, au regard du principe d'amélioration continue décrit dans la norme ISO 9001, **il appartiendra au requérant de veiller, lors des prochaines révisions du dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle®, à y inclure ces compléments, en particulier s'ils concernent des éléments importants pour la sûreté.**

11. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des engagements pris par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN estime que le modèle de colis TN Eagle®, dans ses versions 16-41 et 18-45, chargé d'assemblages UOX ou MOX et tel que défini dans le projet de certificat d'agrément tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, est conforme aux prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA applicable aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles.

Toutefois, l'IRSN souligne que le dossier de sûreté actuel ne permet de démontrer la conformité du modèle de colis TN Eagle® au paragraphe 655 du règlement précité que pour une puissance significativement inférieure à celle maximale autorisée. Il appartiendra au requérant de définir, le cas échéant, une barrière thermique permettant de respecter ce paragraphe pour la puissance maximale définie dans le dossier de sûreté.

Enfin, il appartiendra au requérant de prendre en compte, avant le prochain renouvellement d'agrément, les engagements et les demandes de l'ASN, pris dans le cadre de l'agrément initial, qui sont pertinents pour les versions du modèle de colis objet de la présente demande.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté