

Fontenay-aux-Roses, le 30 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00147

Objet : Transport – Validation d'agrément du modèle de colis JRF-90Y-950K

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2020-054185 du 9 novembre 2020.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition 2012.

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 de validation d'agrément du modèle de colis JRF-90Y-950K, présentée par la société Orano TN (devenue, en novembre 2020, Orano Nuclear Packages and Services, dit « Orano NPS » et ci-après dénommée « le requérant ») pour le compte de son client japonais Japan Atomic Energy Agency (JAEA).

Le modèle de colis JRF-90Y-950K est actuellement agréé par l'autorité compétente japonaise en tant que type B(U) contenant des matières fissiles. Le certificat japonais autorise le transport d'au plus 10 assemblages combustibles non irradiés de type JRR-3, JRR-4, JMTR et faiblement irradiés de type JMTRC. Ces assemblages combustibles sont destinés à différents réacteurs de recherche au Japon.

Pour mémoire, depuis 1999, le modèle de colis JRF-90Y-950K a fait l'objet de plusieurs expertises de l'IRSN et de certificats de validation française. En 2014, lors de la dernière expertise, le requérant sollicitait une validation du modèle de colis JRF-90Y-950K en tant que colis de type A contenant des matières fissiles en limitant à 1 A₂ l'activité maximale admissible du contenu transporté. Ces certificats de validation ont expiré en 2017.

Dans le cadre de la présente demande, le requérant a initialement sollicité une validation d'agrément du modèle de colis JRF-90Y-950K chargé d'au plus huit assemblages combustibles non irradiés de types JRR-3, JRR-4 ou JMTR en tant que type B transportant des matières fissiles. Le requérant vise également à répondre aux demandes formulées par l'ASN à l'issue de l'instruction de la précédente demande de validation. En cours d'expertise, le requérant a reformulé sa demande en vue d'obtenir une validation d'agrément du modèle de colis en tant que type A contenant des matières fissiles, comme pour la précédente validation du modèle de colis.

Le requérant a également transmis les réponses aux demandes formulées par l'ASN à l'issue de l'instruction de la précédente demande de validation. L'IRSN considérant que le requérant a répondu de manière acceptable à la majorité de ces demandes, cet avis ne présente que les éléments de réponse faisant l'objet de remarques de l'IRSN.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN au regard du règlement cité en seconde référence. De l'évaluation des documents transmis, en tenant compte des informations complémentaires apportées par le requérant en cours d'expertise, l'IRSN retient les éléments importants ci-après.

1. PRESENTATION DU MODELE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

L'emballage JRF-90Y-950K, de forme générale cylindrique, est constitué d'un corps, d'un couvercle de fermeture et d'un capot amortisseur de tête.

Le corps de l'emballage se compose de deux viroles en acier inoxydable enfermant un isolant thermique en mousse de polyuréthane. Un amortisseur, constitué de balsa et de mousse de polyuréthane est intégré dans le fond du corps de l'emballage.

La cavité de l'emballage est fermée en partie supérieure par un couvercle en acier inoxydable fixé à la bride de la virole interne par des vis en acier inoxydable M24 et équipé d'un système de double joint en silicone.

En partie supérieure (dite « côté tête » dans le présent avis), le colis est équipé d'un capot amortisseur coiffant le couvercle de la cavité, constitué de balsa et de mousse de polyuréthane. Le capot est fixé au corps de l'emballage par plusieurs boulons en acier inoxydable M24.

Pour les opérations de manutention et d'arrimage, l'emballage dispose de quatre oreilles soudées au corps de l'emballage.

1.2. DESCRIPTION DES CONTENUS ET DES AMENAGEMENTS INTERNES

Le certificat japonais, objet de la présente demande de validation, autorise le transport d'au maximum 10 assemblages combustibles non irradiés (de types JRR-3, JRR-4 et JMTR) et faiblement irradiés (de type JMTRC). Le combustible transporté peut être de trois catégories dites « uranium faiblement enrichi » (*LEU*¹), « uranium moyennement enrichi » (*MEU*²) et « uranium hautement enrichi » (*HEU*³).

Pour la validation française, la demande du requérant ne concerne que le transport de huit assemblages de combustible non irradiés JRR-3, JRR-4 ou JMTR classés en catégorie *LEU*. Le mélange des différents types d'assemblages dans un emballage est interdit. Les assemblages JRR-3, JRR-4 et JMTR sont composés de plusieurs plaques de combustible planes, composées d'une âme combustible en alliage dispersé d'uranium enrichi, d'aluminium et éventuellement de silicium et d'une gaine par un alliage d'aluminium, introduites dans deux plaques de rive également en alliage d'aluminium.

Les assemblages combustibles sont chargés dans un panier en acier inoxydable disposant de 10 logements de section carrée. Dans le cadre de la validation française pour laquelle le nombre maximal d'assemblages transportés est limité à huit, les assemblages sont chargés dans les logements périphériques du panier ; les deux logements centraux doivent rester vides.

¹ LEU : Low Enriched Uranium ; uranium faiblement enrichi.

² MEU : Medium Enriched Uranium ; uranium moyennement enrichi.

³ HEU : High Enriched Uranium : uranium hautement enrichi.

Chaque assemblage peut être emballé dans les housses de conditionnement tels que des feuilles en polyéthylène ou en mousse polyuréthane. La présence dans la cavité de matériaux plus hydrogénés que l'eau est exclue, à l'exception des matériaux des housses.

Les assemblages combustibles sont calés radialement dans les logements et immobilisés par des cales en silicone, de section carrée, placées en dessous et au-dessus de l'assemblage. Il convient de noter que les dimensions des assemblages combustibles et des cales conduisent à une compression des cales en silicone lorsque le colis est fermé. L'impact de l'appui des cales en silicone sur le couvercle du colis est analysé au paragraphe 3.1 de l'avis.

2. MODIFICATIONS APPORTEES DANS LE CADRE DE LA PRESENTE DEMANDE

Dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément du modèle de colis JRF-90Y-950K, le requérant a apporté quelques modifications aux caractéristiques des contenus JRR-3 et JMTR telles que la masse volumique de l'âme combustible, la teneur massique en uranium, le ratio massique silicium/aluminium, etc.

En outre, afin d'écartier le risque de talonnement du bois du capot en conditions accidentelles de transport, pour la validation française, le requérant restreint la plage de contrainte d'écrasement du bois de l'emballage, à la température ambiante. Ce point est discuté au paragraphe 3.1 de l'avis.

3. DEMONSTRATION DE SURETE

Au cours de l'expertise, le requérant a modifié sa demande pour solliciter une validation du modèle de colis en tant que type A chargé de matières fissiles. En conséquence, l'expertise des démonstrations de sûreté transmises par le requérant est effectuée en cohérence avec cette demande, en tenant compte des exigences applicables à ce type de colis définies par la réglementation citée en seconde référence.

Les démonstrations de sûreté relatives à la radioprotection et au maintien du confinement n'ont pas été modifiées par le requérant dans le cadre de la présente demande. Ces démonstrations ont été estimées acceptables par l'IRSN dans le cadre de la précédente expertise et n'appellent pas de commentaire supplémentaire dans le cadre de la présente demande restreinte à un modèle de colis du type A.

3.1. COMPORTEMENT MECANIQUE

Les justifications relatives au comportement mécanique du colis en conditions de transport de routine (CTR) et en conditions normales de transport (CNT) ont été estimées acceptables par l'IRSN dans le cadre de précédentes expertises et n'appellent pas de remarque supplémentaire.

Pour mémoire, le comportement mécanique du colis en conditions accidentelles de transport (CAT) est justifié sur la base :

- des essais de chute à température ambiante, réalisés avec un spécimen du colis à l'échelle 1 ;
- des calculs réalisés avec le code *CASH-II* pour déterminer les accélérations du colis ainsi que les déformations du bois amortisseur (présent dans le capot et le corps de l'emballage) ;
- des calculs numériques avec le code de calcul en dynamique rapide *LS-DYNA* dont l'objectif est d'évaluer les déformations et les accélérations maximales subies par l'emballage pour les températures minimale et maximale des CNT.

Dans le cadre de la précédente expertise, au regard d'une validation du modèle de colis en tant que type A fissile pour lequel il doit être garanti l'absence de dispersion de la matière fissile en dehors de la cavité, **l'IRSN avait estimé acceptables ces démonstrations.**

Pour cette demande de validation, le requérant présente des analyses complémentaires relatives au risque de talonnement du bois de l'emballage dans le cas d'une séquence de chutes à la température maximale du colis atteinte en CNT, comportant une chute de 9 m en position oblique, avec impact côté tête, précédée d'une chute sur poinçon avec impact sur le capot dans une orientation maximisant le risque de perforation. Dans cette configuration, le requérant considère que la chute sur poinçon précédant la chute oblique de 9 m conduirait à une perforation du capot sur un volume correspondant au diamètre du poinçon sur toute l'épaisseur du bois. Il détermine ensuite l'écrasement supplémentaire du bois nécessaire pour compenser le volume de bois perforé : le taux d'écrasement du bois obtenu reste inférieur du critère admissible. Néanmoins, les calculs sont réalisés avec la contrainte d'écrasement du bois à température ambiante, sans tenir compte du ramollissement du bois à chaud. Ainsi, pour la validation française, afin de compenser cet effet, le requérant a restreint les valeurs de contraintes d'écrasement que peut prendre le bois des emballages transportés sur le territoire français à une plage pour laquelle la contrainte d'écrasement du bois à chaud est égale à la valeur prise en compte dans les calculs. **Les justifications présentées par le requérant sont acceptables.** Néanmoins, l'IRSN relève que les caractéristiques mécaniques du bois utilisées dans les démonstrations de sûreté ne sont pas formellement justifiées. De plus, le requérant n'a pas fourni de détail concernant la méthode de vérification des caractéristiques du bois présent dans les emballages fabriqués. **Ceci conduit l'IRSN à formuler les observations n° 1 et 2 présentées en annexe 2 du présent avis.**

Pour ce qui concerne l'influence de la compression des cales en silicone sur la tenue mécanique du couvercle, le requérant évalue, dans un premier temps, la déformation maximale en compression des cales due à la dilation thermique en tenant compte, d'une part des températures maximales atteintes par les cales en CNT et CAT, d'autre part des tolérances dimensionnelles des cales, des assemblages combustibles et des composants du modèle de colis. L'effort engendré par l'appui des cales sur le couvercle induit une augmentation de l'ordre de 10 % de la contrainte dans les vis de fixation du couvercle, ce qui reste en-dessous de la limite d'élasticité des vis avec une marge de sûreté suffisante. De même, pour la tôle du couvercle, le requérant démontre que les critères de contraintes admissibles définis par le code *ASME*⁴, utilisé pour la conception de l'enveloppe de confinement de l'emballage, sont respectés avec des marges suffisantes. **Les justifications présentées par le requérant sont acceptables.** Ainsi, les justifications relatives aux caractéristiques des cales en silicone et des assemblages combustibles devraient figurer dans les démonstrations de sûreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n°3 présentée en annexe 2 du présent avis. Par ailleurs, l'IRSN propose d'ajouter dans le projet de certificat d'agrément les tolérances applicables aux dimensions des cales.**

3.2. COMPORTEMENT THERMIQUE

L'analyse du comportement thermique du modèle de colis n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente demande. Pour rappel, elle se fonde sur des calculs analytiques pour les CNT, ainsi que sur un essai thermique en four et des calculs réalisés à l'aide du code *TRUMP* pour les CAT. Lors de la précédente expertise, l'IRSN avait conclu que cette analyse était acceptable. **Elle n'appelle pas de commentaire supplémentaire.**

En réponse à la demande de l'ASN relative à la prise en compte de la poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve d'incendie, le requérant estime que les conséquences d'un tel phénomène ne sont pas de nature à mettre en cause la sûreté du colis compte tenu des exigences en termes de confinement d'un modèle de colis de type A chargé de matières fissiles et des hypothèses considérées dans les études de prévention des risques de criticité du colis, notamment la pénétration totale d'eau à l'intérieur de la cavité. **L'IRSN estime satisfaisante cette justification pour la présente demande de validation en tant que modèle de colis de type A.**

⁴ ASME : American Society of Mechanical Engineers.

3.3. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

Les démonstrations de sûreté concernant la prévention des risques de criticité de l'emballage JRF-90Y-950K chargé d'au plus huit assemblages combustibles non irradiés de type JRR-3, JRR-4 ou JMTR ont été déjà expertisées et estimées acceptables par l'IRSN dans le cadre des précédentes expertises. Pour rappel, les calculs de justification de la sous-criticité du colis ont été réalisés avec le contenu JRR-3 qui, selon les études précédentes, a été reconnu comme enveloppe des contenus JRR-3, JRR-4 et JMTR.

En réponse à une demande de l'ASN relative à la définition des contenus JRR-3 et JMTR, le requérant a transmis des calculs complémentaires démontrant que les modifications apportées aux caractéristiques de ces contenus ne sont pas de nature à mettre en cause la sous-criticité du colis. Bien que ces calculs complémentaires ne prennent pas en compte les tolérances de fabrication et, qu'à l'exception des matériaux des housses, aucun autre matériau plus hydrogéné que l'eau ne soit modélisé, **l'IRSN considère que les modifications apportées par le requérant aux contenus transportés dans le cadre de la présente demande ne sont pas de nature à mettre en cause la sous-criticité du modèle de colis JRF-90Y-950K.**

Dans ces conditions, l'IRSN propose d'ajouter dans le projet de certificat d'agrément la composition des housses autorisées, l'interdiction d'autres matériaux plus hydrogénés que l'eau à l'intérieur de la cavité à l'exception des housses et le chargement des assemblages en périphérie du panier.

4. UTILISATION ET MAINTENANCE

En réponse aux demandes de l'ASN relatives aux conditions d'utilisation et de maintenance présentées dans le dossier de sûreté, le requérant a intégré, dans ses lettres de demande de validation, une annexe présentant des mesures complémentaires à vérifier ou à effectuer pour les transports sous couvert du certificat de validation français, en particulier :

- les conditions de graissage et de serrage des vis de fixation du couvercle et du capot de l'emballage ;
- les contrôles à faire lors des opérations de maintenance périodique de l'emballage (inspection visuelle des vis, contrôle par ressuage des soudures des oreilles de manutention, contrôle de l'humidité du bois, contrôle d'étanchéité de l'enveloppe du capot et du corps de l'emballage, etc.).

La référence de ce courrier est reprise dans le projet de certificat de validation d'agrément. **Sur le principe, l'IRSN estime que ceci permet de répondre aux demandes de l'ASN pour la présente demande de validation du modèle de colis en tant que type A chargé de matières fissiles.**

5. ADJONCTION DU COLIS

Durant le transport, le colis JRF-90Y-950K est arrimé, en position verticale, sur un châssis (de deux types, dits « palette » ou « cocotte »). Le châssis de type « palette » possède quatre équerres d'arrimage à la base de l'emballage, le colis est étant arrimé par l'intermédiaire de chaînes et de ridoirs. Le châssis de type « cocotte » possède une virole dans laquelle l'emballage est introduit puis arrimé par l'intermédiaire de ridoirs. S'agissant du châssis de type « cocotte » dont la masse est du même ordre de grandeur que la masse du colis, l'ASN a demandé au requérant, à l'issue de l'instruction de la précédente demande de validation, de démontrer que ce châssis ne met pas en cause les résultats des essais de chute réalisés ou qu'à défaut, il se limite à l'utilisation d'un châssis dont la masse est faible relativement à celle du colis.

À cet égard, le requérant indique que les conditions d'utilisation du colis conduisent à exclure la possibilité de manutentionner l'ensemble constitué du colis et du châssis de transport. En complément de cette mesure, le requérant a transmis une analyse visant à justifier que la liaison du colis sur le châssis est plus faible que la liaison du châssis avec le moyen de transport, ce qui lui permet de conclure qu'en cas d'accident, le colis serait libéré du châssis avant un éventuel impact. L'IRSN note toutefois que la tenue mécanique de la liaison châssis / moyen

de transport au regard des sollicitations en cisaillement n'est pas étudiée. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre à la demande formulée par l'ASN.**

De plus, l'IRSN considère que les instructions d'utilisation du colis devraient être mise à jour en cohérence avec les hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté. **Ceci fait l'objet de l'observation n°4 présentée en annexe 2 du présent avis.**

6. SYSTEME DE GESTION DE LA QUALITE

À l'issue de l'instruction de la précédente demande de validation du modèle de colis, l'ASN a demandé au requérant de détailler les actions mises en place en cas de mise à jour du dossier de sûreté pour s'assurer que ses évolutions sont retranscrites dans les documents opérationnels le nécessitant. À cet égard, le requérant indique que le contrôle documentaire est effectué selon le processus de gestion de la qualité présenté dans dossier de sûreté de son client japonais (JAEA) transmis en appui de sa demande. Ce processus s'applique pour les différents acteurs (concepteur, maître d'ouvrage, maître d'œuvre, constructeurs, utilisateurs, expéditeurs, transporteurs, sociétés de maintenance, etc.). Dans le cas de modifications relatives à la sûreté, tous les documents concernés sont passés en revue et modifiés si nécessaire par JAEA, propriétaire du concept de l'emballage et du dossier de sûreté.

Sur le principe, **l'IRSN estime que ces mesures peuvent répondre à la demande formulée par l'ASN. Cependant, en pratique, le dossier de sûreté du modèle de colis n'est pas autoportant**, étant complété par un nombre important de notes et de courriers annexes pour ce qui concerne en particulier :

- les caractéristiques des contenus transportés (composition, dimensions, etc.) ;
- les études de comportement mécanique et de sûreté-criticité du modèle de colis ;
- les conditions d'utilisation et la maintenance du modèle de colis.

L'IRSN estime que le requérant devra veiller lors de la prochaine révision du dossier de sûreté et dans le cadre de toute prochaine demande de validation relative au modèle de colis, à y inclure l'ensemble des justifications complémentaires apportées en réponse aux demandes de l'ASN ou au cours des expertises, en particulier si ces justifications concernent des éléments importants pour la sûreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n°1 présentée en annexe 1 du présent avis.**

7. CONCLUSION

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées, l'IRSN estime que le modèle de colis JRF-90Y-950K, tel que défini dans le projet de certificat en tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis du type A contenant des matières fissiles. Le requérant devra toutefois prendre en compte la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis.

Enfin, dans le but d'améliorer les démonstrations de sûreté, l'IRSN estime que le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 du présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe du Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00147 DU 30 JUILLET 2021

Recommandation de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant constitue un dossier de sûreté autoportant permettant de justifier le respect des exigences réglementaires, notamment en intégrant les éléments relatifs aux caractéristiques des contenus transportés, au comportement mécanique, de sûreté-criticité du modèle de colis ainsi que l'utilisation et la maintenance du modèle de colis JRF-90Y-950K.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00147 DU 30 JUILLET 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait détailler les méthodes de vérification des caractéristiques mécaniques TQC (tel que construit) des blocs de bois installés dans le capot et le fond des emballages JRF-90Y-950K.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier les caractéristiques mécaniques du bois de l'emballage JRF-90Y-950K utilisées dans les démonstrations de sûreté.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier les caractéristiques des cales en silicone (module de Young, coefficient de dilatation) et des assemblages combustibles (coefficient de dilatation) prises en compte dans les démonstrations de sûreté du modèle de colis JRF-90Y-950K.

Observation n° 4

L'IRSN estime que les instructions d'utilisation du modèle de colis JRF-90Y-950K devraient être complétées afin de spécifier les consignes d'arrimage et de manutention du colis à son châssis de transport, en cohérence avec les hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté.