



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 12 juin 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00088

Objet : Transport - Demande d'agrément du modèle de colis R86

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2023-040550 du 9 août 2023.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - 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 à la réglementation citée en seconde référence du nouveau modèle de colis R86, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande d'agrément présentée en juillet 2023 par la société ROBATEL Industries (dénommée ci-après « le requérant »).

Le requérant sollicite un agrément du modèle de colis R86 en tant que colis du type B(U) pour matières non fissiles ou fissiles exceptées. Ce modèle de colis a été développé sur la base du modèle de colis R73 et concerne le transport par route, sous utilisation exclusive, de déchets, de pièces ou d'éléments de structures métalliques activés ou contaminés, issus des activités d'exploitation, de démantèlement ou de déconstruction de centrales ou d'installations nucléaires.

De l'évaluation du dossier de sûreté du modèle de colis R86, tenant compte des modifications importantes apportés par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

L'emballage R86 est constitué d'un corps de forme cylindrique, dans lequel est chargé le contenu placé dans un panier. Il est équipé d'un système de fermeture de la cavité et de deux capots amortisseurs cylindriques constitués de blocs de bois et placés à chacune des extrémités du corps.

Le corps de l'emballage est constitué d'une enveloppe interne et d'une enveloppe externe en acier inoxydable, entre lesquelles sont présentes une protection radiologique en plomb et une protection thermique en compound. Le système de fermeture est composé d'un bouchon blindé, permettant d'obturer la cavité, sur lequel est placé un couvercle en acier inoxydable équipé d'une tape. Par ailleurs, une paire de chapes est soudée sur la virole externe pour la manutention et l'arrimage du modèle de colis R86. En outre, par rapport à la version standard, l'emballage R86 peut être doté de deux fonctionnalités supplémentaires, correspondant à deux options : l'option « C » où les organes de manutention sont doublés, et l'option « W » où un système de vidange de la cavité est ajouté pour charger et décharger l'emballage sous eau. Pour cette option W, le système de vidange induit l'ajout d'un orifice de vidange en partie supérieure du corps, fermé par un bouchon en bronze.

MEMBRE DE
ETSON

L'enveloppe de confinement du modèle de colis R86 est délimitée par l'enveloppe interne de l'emballage, son couvercle et sa tôle, ainsi que leurs joints internes en élastomère. Dans le cas de l'option W, le bouchon de vidange, ainsi que son joint en élastomère, font également partie de l'enveloppe de confinement. Le requérant spécifie dans le dossier de sûreté quatre nuances de joints, mais sans préciser, pour une de ces nuances, la température maximale d'utilisation. Aussi, **l'IRSN propose de l'exclure dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis R86.**

Au cours de l'expertise, le requérant a modifié le concept du modèle de colis R86 afin de renforcer la protection mécanique du bouchon de vidange par l'ajout de deux plaques en acier inoxydable de haute résistance. **En cohérence, il appartient au requérant de mettre à jour le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage, ainsi que le plan de concept de l'emballage R86.**

Enfin, le contenu, constitué de déchets, de pièces ou d'éléments de structures métalliques activés ou contaminés, est placé dans la cavité de l'emballage R86 à l'aide d'un panier en acier inoxydable. Différents types de paniers peuvent être utilisés (vidangeable ou non, blindé ou non).

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Assemblages vissés

Le requérant a réalisé une étude de la tenue mécanique en conditions de transport de routine (CTR) des vis du couvercle et de sa tôle, relative aux contraintes dans les vis et dans les filets des taraudages, ainsi qu'à la pression sous tête de vis. Il conclut au respect des critères. Même si le requérant n'a pas évalué les contraintes de cisaillement dans les filets des vis du couvercle et de la tôle, l'IRSN estime que la longueur minimale d'implantation des vis, supérieure à 1,5 fois leur diamètre, est suffisante pour garantir l'absence de risque de cisaillement des filets. Cette caractéristique n'étant pas mentionnée dans le dossier de sûreté, **il appartient au requérant de compléter le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage R86 sur ces aspects.**

Au cours de l'expertise, le requérant a présenté une analyse de la tenue mécanique en CTR du bouchon de vidange. Pour que les contraintes et la pression sous tête du bouchon restent inférieures aux critères, il conclut au besoin de réduire le couple de serrage nominal de ce bouchon. **Il appartient au requérant de mettre à jour la valeur du couple de serrage du bouchon de vidange indiquée dans le dossier de sûreté du modèle de colis R86.** Par ailleurs, pour cette analyse, il s'appuie sur des valeurs de paramètres dimensionnels qui ne sont pas indiquées sur le plan de concept de l'emballage. **Il appartient au requérant de mentionner sur le plan de concept de l'emballage R86 l'ensemble des paramètres dimensionnels du bouchon de vidange.**

Enveloppe de confinement

Le requérant ne prend pas en compte, dans la démonstration de la tenue mécanique de l'enveloppe de confinement en CTR soumise à des surpressions interne et externe, la pression partielle de vapeur due à la présence d'eau résiduelle dans la cavité. Néanmoins, les contraintes maximales obtenues pour les différents composants étant inférieures à la limite d'élasticité du matériau avec des marges importantes, **l'IRSN estime que ceci n'est pas de nature à mettre en cause la sûreté du modèle de colis R86.**

Manutention et arrimage

Le requérant a étudié la tenue mécanique des chapes en manutention en tenant compte, d'une part de la masse maximale du modèle de colis R86, majorée d'un facteur de sécurité et d'un coefficient dynamique de levage, d'autre part des dimensions pénalisantes de l'axe de fixation du dispositif de levage et du trou de la chape. Il relève de légères plastifications locales qui ne mettent pas en cause la tenue mécanique des chapes. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, le dossier de sûreté ne précisant pas le moyen de fixation des lignes d'arrimage sur les chapes, le requérant a indiqué, au cours de l'expertise, que la liaison entre ces lignes et les chapes sera réalisée par l'intermédiaire d'une pièce de liaison et que le dossier de sûreté sera mis à jour afin d'y inclure la description de cette pièce, **ce qui est satisfaisant**. En tenant compte de cette pièce, les contraintes obtenues par calculs conduisent à des plastifications très localisées, sans toutefois mettre en cause la tenue mécanique des chapes. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Concernant la tenue mécanique du modèle de colis R86 en conditions normales de transport (CNT), le requérant estime que les conséquences des épreuves de chutes libres représentatives des CNT sont couvertes par les épreuves de chutes représentatives des conditions accidentelles de transport (CAT). **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

S'agissant de la tenue mécanique du modèle de colis R86 en CAT, le requérant s'appuie en grande partie sur la représentativité des essais de chutes qu'il avait réalisés pour démontrer la sûreté du modèle de colis R73, de conception très proche. L'IRSN relève que le requérant ne spécifie pas, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description du modèle de colis R86, d'incertitude pour les densités des blocs de bois du modèle de colis R86, alors qu'il utilise une incertitude de 20 % pour justifier la représentativité de la maquette de chute du modèle de colis R73 par rapport au modèle de colis R86. **Il appartient au requérant de spécifier cette incertitude dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage R86.** Par ailleurs, le requérant n'a pas étudié la représentativité du taux d'humidité des blocs de bois et ce taux n'est pas spécifié dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage R86. **S'agissant d'une caractéristique intrinsèque pour les blocs de bois, il appartient au requérant de spécifier le taux d'humidité des blocs de bois dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage R86, en cohérence avec celui de la maquette. La représentativité des autres éléments de la maquette (enveloppe interne et externe, système de fermeture, joints, contenu...) n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, contrairement au modèle de colis R86, la maquette n'était pas équipée de bouchon de vidange, de tape, ni de caisson anti-tassement du plomb. Aussi, le requérant a démontré par calculs la tenue mécanique de ces composants en CAT. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.** Concernant le bouchon de vidange, l'IRSN a identifié qu'une séquence de chutes du colis au droit du bouchon en CAT pourrait occasionner des dommages plus importants. Aussi, le requérant a proposé, au cours de l'expertise, de compléter la protection du bouchon de vidange par l'ajout de deux plaques en acier inoxydable de haute résistance. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

Enfin, le contenu de l'emballage R86, placé en vrac dans la cavité, peut impacter le système de fermeture lors des épreuves de chutes. Le requérant a étudié ce phénomène d'impact différé pour le modèle de colis R73 sur la base de simulations numériques. Le couvercle du modèle de colis R86 étant identique à celui qui a été modélisé, le requérant retient la valeur de décollement résiduel du couvercle déterminée par ces simulations pour l'étude de confinement du modèle de colis R86. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Conformément à la réglementation de l'AIEA, le requérant a déterminé la température maximale des surfaces extérieures du modèle de colis R86 en CTR sans ensoleillement. Celle-ci est supérieure au critère de 50 °C spécifié pour les transports sous utilisation non exclusive, mais respecte le critère de 85 °C spécifié pour les transports sous utilisation exclusive. Aussi, le requérant indique, dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis R86, que le transport du modèle de colis R86 sera réalisé sous utilisation exclusive, **ce qui est satisfaisant.**

Pour les CNT et les CAT, le requérant évalue le comportement thermique du modèle de colis R86 par simulations numériques à l'aide du code ANSYS sur la base d'un modèle 2D aux éléments finis. Cependant, il ne présente pas d'éléments relatifs à la validation et à la qualification du code de calcul utilisé. **Il lui appartient de présenter la validation et les incertitudes associées à la qualification de ce code, tel que préconisé dans le Guide n° 28 de l'ASN.**

S'agissant du modèle numérique, **les modélisations, ainsi que les hypothèses de calcul (ensoleillement, émissivité et absorptivité, coefficient de convection...), retenues par le requérant, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.** Concernant les hypothèses relatives à l'ensoleillement, le requérant a mis à jour, au cours de l'expertise, le calcul des valeurs de température avec ensoleillement en CNT des composants du modèle de colis R86. Pour rappel, ces valeurs sont également utilisées comme données d'entrée de l'évaluation des températures atteintes en CAT, mais également pour les études du comportement mécanique, du confinement et de la radiolyse. Aussi, **il lui appartient de mettre à jour le dossier de sûreté du modèle de colis R86 en cohérence.**

Par ailleurs, le requérant n'a pas étudié l'influence d'une éventuelle poursuite de la combustion du bois des capots à la suite de l'épreuve d'incendie. Pour rappel, les essais de chute font état de ruptures de tôles au niveau des capots amortisseurs. En cas de chute sur poinçon consécutive au droit d'une des déchirures, la poursuite de la combustion du bois des capots pourrait induire une augmentation de température d'une des nuances de joints de confinement retenues par le requérant, susceptible de mettre en cause l'étanchéité du bouchon de vidange. Aussi, **l'IRSN propose d'exclure, dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis R86, l'utilisation de cette nuance pour le joint du bouchon de vidange.**

Les résultats du requérant montrent que les températures maximales ainsi calculées sont inférieures aux critères en CNT et en CAT, sauf pour le compound qui peut subir une déshydratation en CAT. Le requérant a pris en compte cette dégradation des performances de protection radiologique de l'emballage R86 dans l'étude de radioprotection, ce qui est satisfaisant.

4. CONFINEMENT

4.1. COMPORTEMENT DES JOINTS

Le requérant évalue que le taux de remplissage maximal des gorges des joints du couvercle, de sa tôle et du bouchon de vidange reste inférieur à 100 %. Or, les vérifications menées par l'IRSN, tenant compte de la géométrie des gorges et des joints, montrent un taux de remplissage maximal des gorges de la tôle du couvercle supérieur à 100 %. **Il appartient au requérant de spécifier, dans le plan de concept de l'emballage R86, un volume minimal des gorges des joints interne et externe de la tôle du couvercle permettant de garantir un taux de remplissage maximal inférieur ou égal à 100 %.**

Par ailleurs, en tenant compte du décollement maximal résiduel évalué à l'issue des chutes représentatives des CAT, le requérant évalue que le taux de compression minimal du joint interne de la tôle, du joint du bouchon de vidange, ainsi que du joint interne du couvercle, est supérieur ou égal à 15 %, valeur usuellement reconnue pour garantir l'étanchéité de l'enveloppe de confinement. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

4.2. ÉVALUATION DE LA PRESSION INTERNE DANS LA CAVITÉ

Le requérant évalue la pression maximale dans la cavité de l'emballage R86 en tenant compte de l'augmentation de la température et de la production de gaz de radiolyse. Même si le requérant n'a pas pris en compte la pression partielle de vapeur produite par la vaporisation de l'eau résiduelle potentiellement présente à l'issue des opérations de séchage de la cavité, **l'IRSN estime que la prise en compte de cette pression n'est pas de nature à mettre en cause la tenue de l'enveloppe de confinement du modèle de colis R86.**

4.3. RELÂCHEMENT D'ACTIVITÉ

Le requérant s'appuie, dans l'étude de relâchement d'activité du modèle de colis R86, sur les valeurs d'activité totale hypothétique de gaz radioactifs présents dans la cavité et sur les valeurs d'activité spécifique pour les aérosols du modèle de colis R73. Pour rappel, le requérant avait justifié le caractère extrêmement enveloppe de ces valeurs. Il détermine ainsi un relâchement d'activité maximal en CNT et en CAT inférieur aux critères réglementaires. Même si la prise en compte de la pression partielle de vapeur conduirait à dépasser, de presque un facteur 2, le critère réglementaire en CNT, compte tenu des marges importantes retenues pour les activités relâchables, **l'IRSN estime que cela ne devrait pas mettre en cause la sûreté du modèle de colis R86. En toute rigueur, il appartient au requérant de mettre à jour la démonstration de sûreté du modèle de colis R86 conformément aux exigences réglementaires.**

5. RADIOPROTECTION

Pour vérifier le respect des critères réglementaires de débits d'équivalent de dose (DED), le requérant a défini une démarche fondée sur deux inéquations. La première inéquation concerne une limitation du contenu en termes de DED, pour laquelle le requérant considère de manière pénalisante que le contenu est concentré sous forme d'une petite sphère constituée d'air, n'importe où dans la cavité. La deuxième inéquation concerne une limitation du contenu en termes d'activité massique, pour laquelle il considère que le contenu est composé d'acier inoxydable uniformément réparti dans la cavité. Ces inéquations ont été établies sur la base de calculs de DED avec un modèle 3D, représentant les principaux composants de l'emballage R86, ainsi que les endommagements observés à l'issue des épreuves mécanique et thermique représentatives des CAT. Ces calculs permettent, sur la base des critères réglementaires, de déterminer les DED maximaux admissibles à 1 m des déchets et les activités maximales admissibles des déchets utilisées pour l'établissement des inéquations.

Les évaluations ou les mesures réalisées avant transport sur les déchets permettent de vérifier si ces inéquations sont respectées, leur respect garantissant que les limites réglementaires de DED ne sont pas atteintes.

L'IRSN estime que la démarche retenue par le requérant, pour vérifier le respect des critères des DED du modèle colis R86, est satisfaisante.

6. RADIOLYSE

Le modèle de colis R86 peut être chargé sous eau lorsqu'il est équipé de l'option W ou contenir des éléments ayant été en contact avec de l'eau. Compte tenu de la géométrie et de la variété des éléments constituant le contenu, la présence d'eau en rétention dans certains volumes après vidange et séchage ne peut être exclue, ce qui induit, sous l'effet des rayonnements ionisants, un risque de production de dihydrogène par radiolyse de l'eau. À cet égard, le requérant a déterminé le volume maximal admissible d'eau conduisant, à l'issue d'une durée d'un an en CNT, à la limite inférieure d'inflammabilité du mélange hydrogène/air. En tenant compte, d'une part du volume minimal de la cavité au lieu du volume nominal retenu par le requérant, d'autre part du cumul d'un transport d'un an en CNT et de sept jours en CAT, l'IRSN évalue un volume maximal d'eau inférieur à celui évalué par le requérant. **Aussi, il appartient au requérant de réévaluer la quantité minimale d'eau résiduelle dans la cavité en tenant compte du volume minimal de la cavité et du cumul des CNT et CAT. Dans l'attente, l'IRSN propose de réduire, dans le projet de certificat d'agrément du modèle de colis R86, le volume maximal d'eau spécifié.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Le requérant définit des opérations de vérification de la conformité des emballages R86 à l'issue de leur fabrication.

S'agissant des essais de réception, le requérant ne prend pas en compte la pression partielle de vapeur, ce qui conduit à sous-estimer la pression normale d'utilisation maximale. La prise en compte de ce phénomène conduit à dépasser le critère réglementaire en dessous duquel il est possible de s'affranchir des contrôles de tenue en pression de l'enveloppe de confinement. Aussi, **il appartiendra au requérant de vérifier que l'enveloppe de confinement de chaque emballage R86 satisfait aux prescriptions de conception approuvées, relatives à la capacité de l'enveloppe de conserver son intégrité sous pression, conformément au paragraphe 501 de la réglementation en seconde référence.**

Pour ce qui concerne le contrôle du séchage de la cavité, compte tenu de la géométrie des éléments chargés dans la cavité, de l'eau pourrait être piégée dans des zones de rétention et ne pas être détectée lors de ce contrôle. En fin d'expertise, le requérant a présenté une note méthodologique relative à la qualification du contrôle du séchage, qui se déroulera après la fabrication du premier exemplaire d'emballage R86. Dès à présent, **l'IRSN souligne que le requérant devra porter une attention particulière à la représentativité du « déchet représentatif » qu'il retient au regard de tous les types d'éléments à transporter définis pour le modèle de colis R86. En outre, les résultats de ces essais devront confirmer, avant le premier transport, que la quantité maximale d'eau est bien inférieure à la quantité maximale d'eau admissible déterminée par le requérant dans l'étude relative au risque de radiolyse.**

Enfin, le requérant définit une périodicité de maintenance de 30 cycles de transport ou de cinq ans (à la première des deux échéances atteintes), en précisant qu'une prolongation d'un an est tolérée pour permettre de planifier et mettre en œuvre convenablement les programmes de maintenance des emballages. **Concernant la période de tolérance d'un an, il conviendrait que l'exploitant s'assure qu'il s'agit d'une situation exceptionnelle qui doit être justifiée et que les maintenances s'effectuent tous les cinq ans, conformément aux exigences définies par le requérant.**

8. VIEILLISSEMENT

La réglementation de l'AIEA citée en seconde référence introduit des exigences portant sur le vieillissement des composants des modèles de colis. À cet égard, le requérant indique que les phénomènes de vieillissement ont été pris en compte à la conception de l'emballage R86 par un choix de matériaux peu sensibles au vieillissement et sans incompatibilité physico-chimique entre eux ou avec le contenu. Pour les matériaux potentiellement sensibles, tels que le bois et le compound, il précise que ceux-ci sont disposés dans des enceintes étanches en acier inoxydable qui permettent de limiter leur dégradation dans le temps. Enfin, le requérant s'appuie sur la bibliographie pour justifier que les joints de confinement en élastomère sont peu soumis au vieillissement compte tenu de la puissance thermique et de l'activité maximales du contenu. **L'IRSN estime que ces éléments répondent de manière satisfaisante aux exigences de la réglementation précitée.**

9. SYSTÈME DE MANAGEMENT PAR LA QUALITÉ

Le programme d'assurance de la qualité mis en œuvre par le requérant est établi sur la base des recommandations des normes nationales ou internationales (par exemple la norme ISO 9001). Il couvre l'organisation, la formation du personnel, la maîtrise des documents, le contrôle de toutes les opérations afférentes à l'exploitation du colis, le contrôle des approvisionnements des biens et des services, les actions correctives, les audits ou les inspections. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des modifications de conception apportées par la société ROBATEL Industries au cours de l'expertise, l'IRSN estime que le modèle de colis R86 chargé du contenu n° 1, 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 au modèle de colis de type B(U).

De manière générale, le requérant a apporté au cours de l'expertise des améliorations significatives au modèle de colis R86. Aussi, il lui appartient de mettre à jour le dossier de sûreté sur l'ensemble de ces évolutions, notamment le plan de concept, les chapitres relatifs à la fabrication et aux consignes d'utilisation. À cet égard, le requérant n'a pas encore réalisé la qualification de la procédure de contrôle de l'absence d'eau dans la cavité du colis avant transport, qu'il lui appartient de finaliser avant le premier transport.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté