

Fontenay-aux-Roses, le 27 octobre 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00170

Objet : Transport - Renouvellement de validation d'agrément du modèle de colis RAJ-III

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2021-002660 du 13 janvier 2021.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 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 renouvellement de validation d'agrément du modèle de colis RAJ-III, présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (Orano NPS, (dénommée ci-après « le requérant ») pour le compte de la société japonaise Global Nuclear Fuel (GNF).

Cette demande concerne le transport sur la voie publique (par voies routière, ferroviaire et maritime) du modèle de colis RAJ-III chargé de crayons combustibles neufs destinés aux réacteurs à eau bouillante (REB) de type 8x8 ou 9x9, en tant que colis de type A contenant des matières fissiles. Le certificat d'agrément français du modèle de colis a expiré le 9 avril 2018. Le certificat d'agrément japonais, sur lequel s'appuie la présente demande de renouvellement, expire le 3 septembre 2022.

À l'appui de sa demande, le requérant a transmis une révision du dossier de sûreté du modèle de colis et des éléments en réponse aux demandes de l'ASN formulées lors de la précédente demande de validation.

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, tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

L'emballage RAJ-III, de forme parallélépipédique, est composé principalement :

- d'un conteneur externe constitué d'un corps et d'un couvercle vissé. La structure du conteneur externe comprend des blocs de papier en nid d'abeille sur les côtés et des blocs de bois (balsa) à chaque extrémité ;
- d'un conteneur interne constitué de tôles en acier inoxydable qui délimitent un espace rempli d'isolant thermique. Des plaques de bois (« *lumber* ») sont également placées, d'une part à chaque extrémité du conteneur interne afin d'amortir les chocs, d'autre part dans l'espace délimité par les tôles afin de fixer l'isolant thermique. La cavité du conteneur comprend deux volumes séparés par une tôle en acier inoxydable ;

- deux boîtiers de protection en acier, dans lesquels sont chargés les crayons combustibles et qui sont introduits dans les deux volumes de la cavité. Ces boîtiers sont entourés par une couche de mousse polyuréthane. Chaque extrémité de la cavité de ces boîtiers est équipée de blocs de bois (« sapin yezo »).

Des bouchons fusibles sont également présents sur les surfaces externes des conteneurs externe et interne.

Plusieurs configurations de chargement des crayons combustibles dans les boîtiers de protection sont considérées. Le nombre maximal de crayons par boîtier est de 52. L'enrichissement des crayons en ^{235}U ne peut excéder 5 % en masse et la masse d' UO_2 est inférieure à 270 kg par colis. L'uranium enrichi ne provient pas du retraitement.

Selon le requérant, le confinement de la matière radioactive et fissile chargée dans le modèle de colis RAJ-III est assuré par les gaines des crayons dont les extrémités sont soudées aux raccords des crayons et protégées par des bouchons en plastique. Des crayons factices pleins, de mêmes dimensions et masse que les crayons réels, sont utilisés en cas de chargement incomplet pour remplacer les crayons combustibles manquants. Par ailleurs, les crayons combustibles sont enveloppés dans des sacs en polyéthylène dont la masse est quelconque.

2. MODIFICATIONS APPORTÉES DANS LE CADRE DE LA PRÉSENTE DEMANDE DE RENOUVELLEMENT

Les modifications apportées au dossier de sûreté, transmis en appui de la présente demande de renouvellement de validation d'agrément, sont les suivantes :

- mise à jour des spécifications de l'uranium enrichi (pas d'influence sur les études) dans le dossier de sûreté japonais ;
- ajout d'une note regroupant l'ensemble des points soulevés lors des précédentes demandes de validation d'agrément.

3. COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU MODÈLE DE COLIS

Les études du comportement mécanique en conditions de transport de routine (CTR), en conditions normales de transport (CNT) et en conditions accidentelles de transport (CAT) n'ont pas fait l'objet de modification depuis la précédente demande de validation d'agrément.

Concernant le dimensionnement des vis du système de fermeture, le requérant a précisé au cours de l'expertise que les efforts axiaux maximaux sont très inférieurs aux précharges minimales des vis. Toutefois, s'agissant du risque de desserrage des vis au cours du transport, le requérant ne justifie pas le caractère suffisant du coefficient de frottement qu'il retient au regard de l'état de surface et des modifications structurelles des assemblages vissés lors des cycles de serrage et desserrage. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

Pour rappel, la démonstration de la tenue mécanique du colis à l'issue des épreuves réglementaires de chute présentée par le requérant repose sur deux campagnes d'essais et sur une étude du comportement mécanique des aménagements internes et des crayons combustibles basée sur ces essais.

Lors des essais, le requérant avait retenu une fréquence de coupure de 500 Hz. En réponse à une demande de l'ASN relative à la justification de cette valeur, le requérant a estimé la fréquence propre du conteneur interne à une valeur bien en deçà de la fréquence de coupure. Il considère également que, le conteneur interne étant rigidifié du fait de la présence de l'isolant thermique, la valeur estimée est supérieure à celle du conteneur externe, les deux conteneurs ayant des structures similaires. **L'IRSN estime que l'argumentaire du requérant permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

En réponse à des demandes de l'ASN portant respectivement sur le caractère pénalisant de l'accélération retenue lors d'une chute du colis en position verticale et sur la tenue mécanique des crayons à basse température, le

requérant indique que l'accélération retenue est une valeur non filtrée, ce qu'il considère comme conservatif. En outre, l'acier inoxydable et le balsa sont des matériaux pouvant amortir le choc lors d'une chute axiale. L'acier a des propriétés mécaniques stables. Seul le balsa possède des caractéristiques mécaniques différentes à basse température. À cette température, l'IRSN note que l'accélération maximale obtenue resterait inférieure à celle considérée. **L'IRSN estime que les éléments apportés par le requérant permettent de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN d'évaluer la tenue mécanique des aménagements internes en tenant compte de l'accélération du colis mesurée à l'issue de la chute libre du spécimen en position quasi horizontale corrigée du facteur de durcissement des amortisseurs à -20 °C, le requérant s'appuie sur les propriétés mécaniques des aménagements internes et des amortisseurs de chocs ainsi que sur les résultats d'essais. **L'IRSN estime que ces éléments permettent de répondre de manière acceptable à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

Enfin, en réponse à une demande de l'ASN d'évaluer le comportement de la protection thermique du conteneur interne à l'issue des épreuves mécaniques simulant les CAT, le requérant souligne que les valeurs considérées dans le modèle numérique, telle que l'épaisseur résiduelle de la paroi latérale, sont pénalisantes par rapport aux valeurs mesurées à l'issue des essais. **Ceci répond de manière acceptable à la demande de l'ASN.**

4. COMPORTEMENT THERMIQUE DU MODÈLE DE COLIS

Les études du comportement thermique du colis en CNT et CAT n'ont pas évolué depuis la précédente demande de validation d'agrément.

En réponse à une demande de l'ASN d'évaluer l'influence de la circulation des gaz chauds résultants de la pyrolyse de la mousse de polyuréthane dans la cavité du conteneur interne sur les composants du modèle de colis, le requérant a estimé que, sur la base des essais d'incendie réalisés sur des maquettes RAJ-III, la circulation de gaz chauds n'a pas été observée. Il a en outre précisé, au cours de l'expertise, qu'un jeu entre le bas du couvercle du conteneur interne et le corps de ce dernier est présent et qu'il est comblé par un joint de propreté. En cas de forte température, ce dernier fondrait permettant ainsi l'évacuation des éventuels gaz chauds issus de la pyrolyse de la mousse en polyuréthane. **Cet argumentaire, examiné plus au détail au paragraphe suivant, permet de répondre favorablement à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN précitée.**

5. RISQUES SUBSIDIAIRES

Les crayons combustibles sont protégés dans des housses en polyéthylène et sont équipés, à chacune de leurs extrémités, de bouchons de protection en plastique. Pour rappel, le requérant n'a pas évalué les effets de la dégradation des matériaux hydrogénés chargés dans la cavité des conteneurs internes à la température maximale atteinte en CAT. Or, la thermolyse de ces matières pourrait induire une augmentation de la pression et de la concentration en hydrogène dans la cavité des conteneurs internes en CAT.

En réponse à une demande de l'ASN de justifier que les gaz issus de la dégradation par thermolyse des matières hydrogénées en CAT ne mettent pas en cause l'intégrité du conteneur interne, le requérant indique que, à la température maximale atteinte en CAT, les bouchons fusibles du conteneur externe et le joint de propreté du conteneur interne fondraient, permettant ainsi aux gaz d'être évacués à l'extérieur du conteneur externe. L'IRSN relève que la cinétique de fonte du joint et des pastilles fusibles n'est pas étudiée. En outre, en l'absence de disparition physique du joint, les gaz de pyrolyse pourraient ne pas être évacués suffisamment rapidement. Toutefois, la création des gaz de pyrolyse du polyuréthane commence à des températures bien plus élevées que celle de la fonte du joint, ce qui devrait permettre au joint de se dégrader suffisamment pour perdre son étanchéité et permettre ainsi l'évacuation des gaz. **L'IRSN estime que l'ensemble de ces éléments répond de manière acceptable à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

6. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Les contenus sont identiques à ceux examinés lors de la précédente demande de validation d'agrément.

En réponse à des demandes de l'ASN relatives aux marges de réactivité et à l'influence du décentrage latéral des boîtiers de protection sur les risques de criticité, le requérant a révisé son étude, d'une part pour prendre en compte une marge de réactivité suffisante de façon à couvrir la sous-estimation du code de calcul Monte Carlo KENO V.a du système SCALE 4.3 pour le milieu étudié, d'autre part en introduisant des cas de calculs plaçant les boîtiers de protection au contact de la paroi de séparation du conteneur interne. Ces modifications ne conduisent pas à dépasser le critère d'admissibilité fixé. **L'IRSN estime que ceci permet de répondre de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN.**

7. MAINTENANCE DU COLIS

Le chapitre relatif à la maintenance des emballages n'a pas évolué depuis la précédente demande de validation d'agrément. Pour rappel, une maintenance est réalisée chaque année ou tous les dix cycles de transport suivant le cas le plus restrictif. Une inspection visuelle de chaque composant est réalisée et une réparation ou un remplacement est effectué si nécessaire.

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a apporté des compléments sur les propriétés des différents matériaux isolés de l'environnement extérieur par fermeture de l'emballage (tels que le sapin yezo du boîtier de protection, le bois (lumber) et la mousse polyuréthane du conteneur interne).

S'agissant du sapin yezo, le requérant précise que l'emballage est entreposé, chargé et déchargé en intérieur. Ceci permet de limiter la plage de variation du taux d'humidité du bois et permet de conserver un taux d'humidité inférieur à celui spécifié dans le dossier de sûreté. Or, le taux d'humidité ambiant au Japon peut atteindre 100 %, ce qui pourrait entraîner une humidité théorique du bois plus élevée que celle considérée par le requérant. **Aussi, les conditions d'entreposage des emballages RAJ-III devraient être spécifiées dans les instructions d'utilisation en cohérence avec l'hypothèse retenue dans le dossier de sûreté.**

Concernant le bois (lumber) qui représente environ 4 % du volume total de l'isolant thermique, le requérant a précisé que sa conductivité est du même ordre de grandeur que celle de l'isolant thermique. Son influence est donc faible et ne modifie pas de façon significative les démonstrations de sûreté. **Ceci est acceptable.**

S'agissant de la mousse de polyuréthane, le requérant estime que celle-ci est stable et résistante sur la plage de température d'utilisation de l'emballage. En cas de défaut ou de fissures importantes, cette dernière est remplacée. Le type de mousse de polyuréthane n'est toutefois pas précisé. Or, certaines mousses de polyuréthane (mousse de polyuréthane ester) peuvent présenter une forte diminution de leurs caractéristiques mécaniques en moins d'un mois. **Aussi, la stabilité des propriétés mécaniques de la mousse de polyuréthane considérée devrait être justifiée compte tenu des effets du vieillissement.**

Par ailleurs, le requérant indique que, lorsque le papier en nid d'abeille absorbe de l'humidité, sa couleur change et que, le cas échéant, il est remplacé. L'IRSN relève que les conditions opérationnelles de vérification du changement de couleur, de mise au rebus, et les variations de propriétés mécaniques associées ne sont pas décrites. En outre, il n'existe pas d'étude de vieillissement qui démontre le maintien des propriétés mécaniques dans le temps.

Finalement, l'IRSN estime que les éléments apportés par le requérant ne permettent pas de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.

En réponse à une demande de l'ASN spécifiant la réalisation de tests d'étanchéité des bouchons fusibles, le requérant a indiqué qu'une inspection visuelle est suffisante pour s'assurer de leur intégrité. Il a complété son argumentaire au cours de l'expertise en précisant qu'en cas d'oxydation non-détectée lors de cette inspection, malgré l'augmentation de la température de fusion de la zone oxydée, la couche non oxydée fondrait lors de l'incendie et la fine couche d'oxyde cèderait du fait de la surpression éventuelle. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN et permet de répondre à la demande de l'ASN.**

8. CONDITIONS D'UTILISATION DU COLIS

Le chapitre relatif à l'utilisation des colis n'a pas évolué depuis la précédente demande de validation d'agrément.

En réponse à une demande de l'ASN relative au risque d'endommagement des blocs de mousse de polyuréthane lors des opérations de chargement, le requérant a précisé que, dans la plupart des cas, les boîtiers de protection ne sont pas retirés du conteneur interne, ce qui limite le risque de dégradation de la mousse. Dans ce cas, le requérant contrôle uniquement l'état de la mousse polyuréthane visible. Si l'un de ces blocs est endommagé, le requérant précise qu'il procède à son remplacement. **L'IRSN estime que ceci est acceptable et permet de répondre à la demande de l'ASN.**

9. SYSTÈME DE MANAGEMENT

Le système de management de la qualité n'a pas évolué depuis la dernière demande de renouvellement de validation d'agrément.

Conformément aux demandes de l'ASN de disposer d'un dossier de sûreté complet, le requérant dispose dorénavant d'un document référençant l'ensemble des démonstrations de sûreté et d'un tableau de conformité aux exigences réglementaires pour ce modèle de colis. **Ceci est satisfaisant.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN considère que le modèle de colis RAJ-III chargé de crayons combustibles neufs de type REB 8x8 ou 9x9, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type A contenant des matières fissiles.

De plus, l'IRSN estime que le requérant a répondu de manière acceptable aux demandes de l'ASN, à l'exception de celle portant sur la définition des contrôles des matériaux uniquement isolés de l'environnement extérieur par fermeture de l'emballage.

Enfin, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, la société Orano NPS devrait tenir compte de l'observation formulée en annexe au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2021-00170 DU 27 OCTOBRE 2021

Observation de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que le coefficient de frottement retenu pour déterminer la précharge minimale dans les vis du système de fermeture du modèle de colis RAJ-III tient compte des cycles de serrage/desserrage et de l'état de surface des pièces assemblées.