

Fontenay aux Roses, le 20 juillet 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00152

Objet	: Transport – Dossier d'options de sûreté et programme d'essais de chutes du modèle de colis « B(U) AIEA »
Réf.	: [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-000985 du 27 janvier 2022. [2] Règlement de transport de l'AIEA n° SSR-6 (rév. 1) – Édition de 2018. [3] Guide AIEA n° SSG-26 (rév. 1) – Édition de 2018. [4] Guide ASN n° 7 – Transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique.

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 les options de sûreté et le programme d'essais de chutes présentés par la société Orano Nuclear Packages and Services « Orano NPS », dénommée ci-après « le requérant », pour un nouveau concept de modèle de colis dénommé « B(U) AIEA ». Ce dernier permettra notamment à l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique (AIEA) de transporter des échantillons de matière radioactive dans le cadre de ses inspections d'installations.

Le dossier d'options de sûreté transmis présente les méthodes et les hypothèses principales retenues pour justifier la conformité de ce nouveau modèle de colis aux exigences relatives aux modèles de colis du type B(U) ou de colis excepté spécifiées dans la réglementation citée en deuxième référence. Il est prévu que ce modèle de colis puisse être transporté selon tous les modes de transport.

Le programme d'essais transmis présente les différentes séquences de chutes à réaliser sur les prototypes à l'échelle réelle du modèle de colis, nécessaires aux démonstrations de sûreté décrites dans le dossier d'options de sûreté.

De l'expertise des options de sûreté et du programme d'essais de chute associé, l'IRSN retient les points suivants.

1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

L'emballage B(U) AIEA, de forme générale cylindrique, est principalement composé d'un emballage externe fermé par un couvercle équipé d'un joint et d'un conteneur interne, délimitant l'enveloppe de confinement, fermé par un couvercle équipé d'un double joint. La masse maximale du modèle de colis est inférieure à 40 kg.

Le corps de l'emballage externe consiste en un caisson constitué par un ensemble de tôles soudées en acier inoxydable et rempli de mousse phénolique assurant la protection thermo-mécanique de l'emballage. Le bouchon

de l'emballage externe est constitué d'un système à baïonnette en acier inoxydable, permettant de le fixer sur le corps de l'emballage, sur lequel est soudé un caisson en acier inoxydable rempli de mousse phénolique. Le bouchon est équipé d'un joint de propreté plat. Des bouchons fusibles sont placés sur le corps et le bouchon afin de permettre le dégazage de la mousse phénolique en cas d'incendie. Le requérant indique que l'emballage sera manutentionné par deux poignées en acier inoxydable. À ce stade, le requérant ne définit aucun organe d'arrimage et les poignées sont représentées de manière succincte sur les schémas transmis. **Il conviendra que le requérant indique clairement dans le dossier de sûreté la position, la géométrie, la nature et le mode de fixation des organes de manutention de l'emballage.**

Le conteneur interne est constitué d'un corps cylindrique soudé à une bride de tête recevant le couvercle et à un fond soudé, le tout en acier inoxydable. La bride accueille un couvercle en acier inoxydable équipé de deux joints toriques concentriques en EPDM, chacun étant monté dans une gorge trapézoïdale. Ce dernier est fixé à la bride à l'aide de vis de classe 10.9 montées sans lubrification. Le couvercle est également équipé d'une poignée de préhension permettant la manutention du conteneur fermé ou du couvercle seul.

1.2. DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS INTERNES ET DES CONTENUS

L'emballage B(U) AIEA est conçu pour transporter :

- des échantillons de matières radioactives diverses sous forme liquide ou solide, chargés dans un aménagement interne de type 1 (contenu A) ;
- un échantillon d'américium, sous forme solide, chargé dans un aménagement interne de type 2 (contenu B) ;
- un échantillon de curium, sous forme solide, chargé dans un aménagement interne de type 3 (contenu C) ;
- une matière radioactive unique, sous forme liquide ou solide, chargée dans un aménagement interne de type 4 (contenu D).

L'aménagement interne est constitué d'une canette en aluminium commune aux contenus A, B et C et d'une bouteille en matière plastique ou en verre, d'une contenance d'un litre, pour le contenu D. Les contenus sont non fissiles ou fissiles exceptés. La puissance maximale envisagée est inférieure à 2 W.

2. DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

Le dossier d'options de sûreté présente les principes et démarches retenus pour les démonstrations de sûreté du modèle de colis B(U) AIEA.

2.1. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

Le requérant indique dans son dossier d'options de sûreté les différents matériaux qui entrent dans la composition du modèle de colis B(U) AIEA sans toutefois préciser leurs caractéristiques mécaniques. **L'IRSN rappelle que les démonstrations du dossier de sûreté devront considérer les variations des caractéristiques mécaniques des matériaux selon les tolérances d'approvisionnement et sur la gamme de températures représentatives des conditions normales et accidentelles de transport.** Toutefois, certaines propriétés mécaniques envisagées pour le prototype sont notées dans le programme d'essais de chutes. **L'IRSN rappelle que les caractéristiques mécaniques réelles des prototypes devront être au plus égales à celles du modèle de colis.**

2.1.1. Conditions de transport de routine

Les analyses du comportement mécanique en conditions de transport de routine (CTR) viseront à démontrer la tenue du modèle de colis B(U) AIEA à l'égard des sollicitations rencontrées, en particulier pour ce qui concerne l'enveloppe de confinement, les organes de manutention et d'arrimage.

Le requérant prévoit de vérifier la tenue de l'enceinte de confinement (conteneur interne), soumise à une pression interne et aux accélérations en CTR.

La tenue mécanique des organes de manutention sera démontrée en considérant les effets dynamiques (par exemple le levage à l'arrachée). De plus, les effets d'endommagement de la poignée de manutention du conteneur interne par phénomène de fatigue seront analysés sur la base de la loi de Miner portant sur le cumul des dommages. **Ceci est acceptable au stade du dossier d'options de sûreté. Il appartiendra au requérant d'inclure dans le dossier de sûreté une étude en fatigue des poignées de manutention de l'emballage.**

Pour ce qui concerne l'arrimage, le modèle de colis B(U) AIEA sera arrimé verticalement à l'aide de sangles pour assurer son maintien sur le moyen de transport. Sur ce point, la réglementation en deuxième référence impose que toute adjonction au colis ne doit pas en réduire la sûreté. **Ainsi, il appartiendra au requérant de s'assurer que :**

- **les paramètres des sangles utilisées dans les démonstrations de sûreté (en particulier largeur, pré-tension, charge maximale d'utilisation) et les configurations d'arrimage étudiées soient indiqués dans la notice d'utilisation de l'emballage, ceci afin notamment de prévenir tout risque de rupture des sangles ou de leur point d'attache au cours du transport ;**
- **les sangles utilisées ne sont pas de nature à causer des dommages à l'enceinte externe en considérant des accélérations justifiées en statique et en fatigue.**

2.1.2. Conditions normales de transport

Le requérant considère que l'analyse du comportement du modèle de colis lors d'une chute d'une hauteur de 1,2 m représentative de conditions normales de transport (CNT) sera couverte par les conséquences des chutes de 9 m (cf. paragraphe 2.1.3). Le requérant présentera également une étude démontrant que les autres épreuves (aspersion, chute de barre et gerbage) ne sont pas susceptibles d'engendrer des dommages significatifs. **Ceci n'appelle pas de remarque à ce stade.**

2.1.3. Conditions accidentelles de transport

Épreuves de chute retenues

La justification du comportement global de l'emballage lors des chutes réglementaires représentatives des conditions accidentelles de transport (CAT) sera fondée sur la réalisation d'essais de chute à l'aide d'un prototype à l'échelle 1.

Le requérant indique que la représentativité du prototype de l'emballage B(U) AIEA sera démontrée par rapport au modèle de colis. En particulier, le dossier d'options de sûreté mentionne les éléments principaux tels que la géométrie, les dimensions, les masses, les caractéristiques mécaniques, les couples de serrage, le processus de fabrication. **Ceci n'appelle pas de commentaire à ce stade.**

Les prototypes qui seront utilisés pour les essais de chutes seront mis en température par un moyen de chauffage ou de refroidissement permettant d'atteindre une température au cœur de la mousse de l'emballage aussi proche que possible de 70°C ou -40°C selon les cas, ceci afin d'être représentatif des températures atteintes en CNT. **Il appartiendra au requérant de justifier la température maximale retenue pour les essais de chute. En outre, il devra présenter les dispositions mises en place pour s'assurer du respect de ces températures lors des essais.**

Ainsi le requérant prévoit la réalisation des séquences de chutes réglementaires représentatives des CAT suivantes :

- une chute libre axiale de 9 m à -40°C sur tête visant à endommager l'enveloppe de confinement, en particulier les vis du couvercle du conteneur interne ; l'effet de l'impact différé du conteneur interne sur l'emballage externe n'est pas pris en compte tenu du jeu inférieur à 10 mm garanti par le calage ou par les dimensions ;
- une chute oblique côté tête de 1 m sur poinçon cumulé à une chute de 9 m, à 70°C, visant à réduire la capacité d'écrasement de l'emballage ;
- une chute latérale de 9 m à plat à -40°C visant à endommager l'enceinte de confinement.

Il conviendra que les caractéristiques mécaniques du poinçon soient indiquées dans le rapport d'essai. En tout état de cause, elles doivent respecter la plage de caractéristiques mécaniques mentionnées dans le guide AIEA cité en troisième référence.

Dans les première et troisième séquences, le requérant considère que le cumul avec une chute sur poinçon ne serait pas de nature à induire d'enjeu de sûreté particulier ; en effet :

- une chute axiale sur poinçon solliciterait moins les vis que la chute de 9 m ;
- une chute latérale sur poinçon ne serait pas de nature à perforer la partie externe de l'emballage, le requérant se fondant sur une similitude avec le modèle de colis TN UO2 pour lequel il n'y a pas eu perforation, alors que les épaisseurs d'acier sont identiques, les caractéristiques des mousses sont similaires et la masse du modèle de colis TN UO2 supérieure d'un facteur 3 environ.

L'IRSN relève que le requérant n'envisage pas de démontrer qu'une chute latérale sur poinçon avec angle, visant à réduire l'épaisseur de protection thermique, ne serait pas de nature à favoriser l'échauffement du contenu (en particulier les liquides), voire des joints du conteneur interne, lors de l'épreuves d'incendie. **Un tel échauffement pourrait conduire à mettre en cause l'analyse de confinement en CAT. Ce sujet fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

En outre, d'après les éléments transmis dans le dossier d'options de sûreté, le système de fermeture à baïonnettes est maintenu en place par une vis de verrouillage empêchant sa rotation. Cette vis n'est pas décrite. En cas de rupture de cette dernière lors d'une chute sur poinçon, le maintien de la protection thermique du bouchon pourrait être mis en cause lors de la chute de 9 m. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.**

Enfin, la densité apparente du modèle de colis étant supérieure à 1 quelles que soient les conditions de chargement, le requérant ne prévoit pas la réalisation de l'épreuve de chute de plaque. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Épreuve d'immersion

La tenue à la pression de l'enceinte de confinement pour une immersion sous 15 m d'eau pendant 8 h sera justifiée par calcul numérique en considérant une pression interne nulle. **Il conviendra que le requérant précise dans le dossier de sûreté si le modèle de colis est susceptible de transporter plus de $10^5 A_2$; dans ce cas, l'épreuve d'immersion est à réaliser à 200 m pendant 1 h.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

L'analyse du comportement thermique du colis dans toutes les conditions de transport s'appuiera sur des calculs numériques. L'objet de l'analyse thermique est de vérifier que les températures maximales atteintes par les différents composants du colis ne remettent pas en cause leurs caractéristiques essentielles pour la justification de la conformité à la réglementation. Ainsi, le requérant indique que cette évaluation visera à :

- démontrer que la température maximale atteinte par les joints reste sous la température limite d'utilisation de 180°C ;
- évaluer les caractéristiques mécaniques des protections thermo-mécaniques et éléments métalliques ;
- démontrer l'absence de phénomène de thermolyse des matières plastiques présentes dans la cavité.

La puissance thermique des contenus est considérée comme négligeable et ne sera pas modélisée.

En CNT, le requérant retiendra les températures, temps d'ensoleillement et flux solaires réglementaires. Il sera également démontré qu'en l'absence d'ensoleillement, compte tenu de la faible puissance thermique du contenu, la température externe du modèle de colis restera inférieure à 50°C, ce qui permet de le transporter sous utilisation non exclusive et par voie aérienne.

En CAT, l'état du modèle de colis après les épreuves de chute sera pris en compte dans le calcul simulant l'essai de feu à 800°C pendant trente minutes.

Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN à ce stade du projet.

4. CONFINEMENT

L'enceinte de confinement du modèle de colis B(U) AIEA est constitué du corps de l'enceinte interne, de son couvercle et du joint interne en EPDM du couvercle.

Le requérant démontrera qu'à la suite des épreuves réglementaires représentatives des CNT et CAT, le relâchement d'activité du colis reste inférieur aux critères définis dans la réglementation en deuxième référence au regard des taux de fuite contrôlés avant transport et en considérant notamment la pression interne du colis. Toutes les formes chimiques de matières destinées à être transportées seront considérées. **Ceci n'appelle pas de remarque à ce stade du projet.**

Le requérant prévoit de démontrer l'absence de risque d'extrusion des joints hors de leur gorge et de s'assurer que la température admissible d'utilisation des joints de l'enceinte de confinement n'est pas dépassée. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Le requérant n'indique pas dans son dossier d'options de sûreté la vérification du taux de compression des joints. **Il appartiendra au requérant de vérifier que le taux de compression des joints est suffisant pour garantir les performances d'étanchéité attendues, en tenant compte d'une valeur justifiée de déformation rémanente à la compression liée au vieillissement du joint.**

L'évaluation de l'activité des isotopes sera effectuée à partir des données isotopiques des différents contenus considérés et à l'aide du code ORIGEN-ARP. L'IRSN relève que la version indiquée dans le dossier d'options de sûreté a plus de 20 ans et qu'il existe des versions plus récentes. En tout état de cause, **il appartiendra au requérant d'apporter des éléments de qualification et validation suffisants pour l'utilisation qui est prévue de ce code.**

5. RADIOPROTECTION

Les analyses de radioprotection reposeront sur un système d'inéquations similaire à ce qui a été développé pour le modèle de colis TN Lab du même requérant : pour chaque isotope (ou mélange prédéfini), le requérant déterminera la masse maximale admissible conduisant au critère réglementaire de 2 mSv/h au contact du colis, et la transportabilité de mélanges de radioisotopes reposera sur la vérification que la somme de ratio de masse présente sur chacune des masses admissibles associées reste inférieure à 1. **Sur le principe, cela est acceptable.**

À ce stade, le requérant n'explique pas comment seront calculés les spectres des isotopes qui permettront d'effectuer les calculs de débit d'équivalent de dose (DED). Comme pour l'étude de relâchement d'activité, **les codes utilisés pour cette évaluation devront être qualifiés et validés.**

Le requérant indique que les calculs seront réalisés en axial côté fond et en radial à mi-hauteur du contenu. Il sera justifié que, étant donné le blindage présent côté tête, les DED induits à cet endroit sont inférieurs à ceux en fond. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN à ce stade du projet.**

En CNT, il sera démontré qu'aucune des épreuves relatives aux CNT n'est susceptible d'engendrer des dommages permettant une augmentation des DED au contact du colis supérieur à 20% en tenant compte des mouvements possibles du contenu à l'intérieur du colis. En CAT, les hypothèses de modélisation de l'emballage seront en accord avec les endommagements du modèle de colis à la suite des épreuves réglementaires représentatives des CAT. **Ceci est acceptable.**

Pour les contenus liquides, l'IRSN rappelle **que les évaluations des DED devront tenir compte des éventuels phénomènes de précipitation et de ségrégation.**

6. RISQUES SUBSIDAIRES

Une analyse de risque liée à la production éventuelle de gaz dans la cavité due à la dégradation de matières plastiques ou de contenus liquides présents dans l'enceinte interne sous l'effet du rayonnement (radiolyse) sera réalisée.

Du fait des températures faibles (puissance thermique des contenus négligeable), le requérant estime que les risques liés à la thermolyse ne se seront pas évalués en CNT. En CAT, les effets de la thermolyse seront pris en compte dans l'analyse de confinement et il sera justifié que la quantité de dihydrogène reste en dessous de la limite inférieure d'inflammabilité aux températures atteintes en CAT.

Enfin, le requérant indique qu'aucun matériau de l'emballage n'est concerné par le risque pyrophorique. **Ces éléments sont acceptables à ce stade.**

Étant donné que la forme chimique des contenus n'est pas définie avec précision à ce stade, **il appartiendra au requérant de démontrer qu'il n'existe pas de risque d'emballage thermique aux températures atteintes dans toutes les conditions de transport.**

7. FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Pour ce qui concerne la fabrication, le requérant indique que les prescriptions du code CODAP constituent la référence préférentielle pour la réalisation de l'emballage B(U) AIEA. Toutefois, il ne présente pas à ce stade les opérations et contrôles qui seront réalisés au cours de la fabrication et à la réception des emballages, en particulier pour ce qui concerne les éléments importants pour la sûreté, tels que les soudures de confinement ou la mousse phénolique. **Ces éléments sont attendus, en adéquation avec la définition du modèle d'emballage B(U) AIEA.**

Pour ce qui concerne l'utilisation de l'emballage, le dossier d'options de sûreté ne présente pas les opérations prévues. **Il est attendu que le requérant définisse ces opérations en adéquation avec la définition du modèle de colis et les démonstrations de sûreté à venir.**

Le requérant indique en revanche que le programme d'entretien de l'emballage B(U) AIEA sera défini dans le dossier de sûreté et précisera la périodicité de remplacement d'éléments selon les indications du guide cité en quatrième référence. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN à ce stade du projet.**

Par ailleurs, les composants de l'emballage B(U) AIEA et son conteneur interne seront classés selon leur importance pour la sûreté ; le type de contrôle dont ils devront faire l'objet dépendra de leur fonction, de leur catégorie de défaillance et de leur indice de maintenabilité, conformément au guide cité en quatrième référence. **Ceci est satisfaisant.**

Enfin, le requérant présentera une étude de vieillissement des composants du modèle de colis, en particulier l'absence de corrosion pour les aciers et l'évaluation des caractéristiques vieilles de la mousse phénolique. Il est prévu un cycle de vie de 20 ans par emballage fabriqué. Le requérant estime également que le remplacement périodique des vis et des joints permet de ne pas réaliser d'étude de vieillissement de ces éléments. **Au contraire, l'IRSN estime qu'il doit être démontré que la périodicité de remplacement, qui n'est pas explicitée à ce stade, permet de couvrir les effets du vieillissement, en particulier thermo-mécanique.** Sur ce sujet, le requérant mentionne l'utilisation d'une formule d'endommagement des joints déjà utilisée et considérée acceptable par l'IRSN pour d'autres modèles de colis utilisant les mêmes nuances de joint EPDM.

8. CONCLUSION

Sur la base du dossier présenté, l'IRSN considère que les options de sûreté et le programme d'essais de chutes présentés par le requérant pour le nouveau modèle de colis B(U) AIEA sont globalement acceptables à ce stade du projet au regard des exigences réglementaires applicables aux modèles de colis du type B ou exceptés.

Dans la suite du développement du modèle de colis B(U) AIEA, l'IRSN estime que le requérant devrait tenir compte des recommandations formulées en annexe au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00152 DU 20 JUILLET 2022

Recommandations

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant considère, dans l'une des séquences de chute appropriée, la chute sur poinçon du prototype de colis B(U) AIEA en position latérale inclinée, selon un angle et un point d'impact justifiés causant le dommage maximal pour l'épreuve d'incendie représentative des conditions accidentelles de transport.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que le requérant démontre l'absence de rupture de la vis de verrouillage du couvercle de l'emballage B(U) AIEA lors des chutes représentatives des conditions accidentelles de transport.