

Fontenay-aux-Roses, le 23 novembre 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-00308

Objet : Transport - Prorogation de l'emballage CTB chargé de sources radioactives

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-043451 du 25 octobre 2017.
2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande de prorogation d'agrément présentée par le commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) pour le modèle de colis CTB en tant que colis de type B(U) pouvant être chargé de matière fissile. Cette demande concerne le transport par voie routière ou aérienne de l'emballage CTB chargé de sources radioactives. Au cours de l'expertise, le requérant a complété sa demande pour obtenir également des certificats d'agrément de type B(M), avec une température minimale pour les transports de -20°C.

De l'expertise, par rapport au règlement cité en seconde référence, des justifications de sûreté présentées par le requérant, tenant compte des compléments transmis en cours d'expertise, l'IRSN retient les points suivants.

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1 Emballage CTB

L'emballage CTB, de forme générale cylindrique, est formé par un corps, un système de fermeture et un système amortisseur de choc. Le corps est formé radialement par deux enveloppes métalliques entre lesquelles est coulé un mortier qui constitue la protection radiologique. Le système de fermeture est composé côté avant d'un bouchon et côté arrière d'une tige. Ces éléments sont équipés de joints en élastomère et fixés par vis au corps de l'emballage.

Le système amortisseur de choc est composé de deux capots amortisseurs similaires, constitués d'une enveloppe en acier contenant du bois (balsa et tilleul) et de la laine de verre, fixés par vis aux deux extrémités du corps.

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre 8 440 546 018

Enfin, quatre oreilles et quatre pieds fixés sur le corps de l'emballage permettent sa manutention et son arrimage.

Dans le cadre de la demande de prorogation, le requérant n'a pas modifié la conception de l'emballage CTB.

1.2 Contenu

Les contenus n°1 et n°2, objet de la demande de prorogation d'agrément, sont constitués de matières radioactives solides sous forme de poudre, d'oxydes, de nitrates ou d'alliages métalliques. La différence entre les contenus n°1 et n°2 est la quantité de matière fissile contenue.

Le modèle de colis formé par l'emballage CTB et le contenu n°1 est du type B(U) chargé de matière fissile. Le contenu n°2 contenant une faible quantité de matière fissile, il est « excepté » au sens de la réglementation citée en seconde référence. Aussi, le modèle de colis formé par l'emballage CTB et le contenu n°2 est du type B(U).

Au cours de l'expertise, le requérant a diminué certaines masses maximales de radionucléides et supprimé certains radionucléides (cf. § 6 de l'avis). Il a modifié en conséquence les projets de certificats d'agrément.

Par ailleurs, la description des sources dans le dossier de sûreté est complexe et imprécise (en particulier sur la prise en compte ou non des produits de filiation). **Au cours de l'expertise, le requérant a revu cette description dans les projets de certificats d'agrément de manière globalement satisfaisante. En outre, l'IRSN propose d'indiquer dans les certificats d'agrément que les activités spécifiées des radionucléides sont celles à la date de fabrication de la source. L'IRSN recommande que le dossier de sûreté soit mis à jour sur ces points. Ceci fait l'objet de la recommandation 1a de l'annexe 1 à l'avis.**

1.3 Aménagements internes

Les sources sont placées, soit dans une pelle placée dans un porte-pelle, soit, pour certaines sources (contenant du ^{252}Cf ou du ^{242}Cm), dans un conteneur. Le tout est placé dans une nacelle porte-source fermée placée dans la cavité de l'emballage.

2 COMPORTEMENT MECANIQUE DE L'EMBALLAGE

2.1 Conditions de transport de routine

Le colis est arrimé par ses pieds (au moyen de vis) et ses oreilles (au moyen d'élingues). Dans le cadre de la demande de prorogation, le requérant a ajouté dans le dossier de sûreté une étude d'arrimage, pour les transports routier et aérien, ne tenant pas compte de l'arrimage par les pieds.

Pour justifier la tenue mécanique des oreilles en manutention, le requérant tient compte d'une répartition homogène des efforts entre les quatre élingues. Or, la configuration hyperstatique du dispositif doit conduire à retenir de manière pénalisante une répartition des efforts sur deux élingues diagonalement opposées. De plus, le requérant ne considère pas la tension initiale des élingues. Cependant, compte tenu des marges dégagées, l'IRSN estime que ceci ne met pas en cause la tenue mécanique des oreilles.

Par ailleurs, dans le calcul d'arrimage, le requérant n'a pas étudié les contraintes s'exerçant dans les pieds du fait des efforts verticaux vers le bas dans le cas du transport aérien. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait étudier la tenue des pieds aux efforts pseudo-statiques et à la fatigue en cas d'accélération vers le bas dans le mode de transport aérien. Ce point fait l'objet de l'observation 1a de l'annexe 2 à l'avis.**

2.2 Conditions normales et accidentelles de transport

La démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis CTB lors des chutes représentatives des conditions normales et accidentelles de transport repose sur des essais de chute réalisés en 2004 à température ambiante sur un exemplaire d'emballage CTB. Ces essais sont complétés par des simulations numériques pour notamment étudier les chutes sur poinçon, le cumul des épreuves associées aux conditions normales et accidentelles de transport et l'influence de la température (de -40°C à 90°C). Le requérant valide certains paramètres du modèle numérique utilisé en s'appuyant sur les essais de chutes réalisés.

2.2.1 Calculs de chutes

Dans le dossier de sûreté, le requérant détermine l'angle de chute le plus pénalisant pour la tenue des vis et l'ouverture des plans de joints de l'enveloppe de confinement. Dans le cadre de la demande de prorogation, il a consolidé cette étude, en étudiant de nouvelles orientations du colis. **Ceci est satisfaisant.**

Le bois des capots amortisseurs se déforme davantage lorsque la température augmente. Si sa déformation maximale admissible est atteinte (talonnement), les contraintes sont directement transmises au système de fermeture de l'emballage. Aussi, le requérant a étudié l'écrasement maximal des capots à la température maximale des conditions normales de transport. Pour cela, il a développé un nouveau modèle de calcul, recalé sur les essais de chute effectués, qu'il a fait évoluer lors de l'expertise. **La validation de ce nouveau modèle de calcul n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.**

Le requérant utilise ce modèle pour étudier le comportement mécanique du modèle de colis à 90°C, température significativement supérieure à celle maximale des conditions normales de transport (65°C). Cependant, il prend en compte les valeurs moyennes des caractéristiques des bois mesurées sur des échantillons portés à 90°C. De plus, la loi de comportement des bois des capots utilisée dans le modèle tend à légèrement surestimer l'énergie absorbée au-delà du seuil de talonnement. **Aussi, l'IRSN recommande que le requérant confirme l'absence de talonnement du bois en tenant compte de caractéristiques mécaniques raisonnablement enveloppes des bois et d'une loi de comportement des bois au-delà du seuil de talonnement justifiée. Ceci fait l'objet de la recommandation 1b de l'annexe 1 à l'avis.**

De plus, les résultats de la séquence de chute en position inclinée présentés dans le dossier de sûreté présentent des incohérences. À 20°C, deux valeurs différentes sont présentées. **L'IRSN estime que le requérant devrait corriger cette incohérence. Ce point fait l'objet de l'observation 1b de l'annexe 2 à l'avis.**

Par ailleurs, s'agissant de la validité des calculs effectués, le taux global d'énergie d'Hourglass (correspondant à des phénomènes non physiques) associé au modèle modifié lors de l'expertise est inférieur à 5 %, valeur usuellement retenue. Toutefois, le requérant ne présente pas les bilans énergétiques de chaque pièce du modèle, notamment ceux des blocs de bois du capot qui sont écrasés à l'issue des chutes. Ces bilans permettent notamment de vérifier le critère d'Hourglass pièce par pièce. **L'IRSN estime que le requérant devrait s'assurer que le critère d'Hourglass est vérifié à la fois pour le bilan énergétique global et les bilans énergétiques pièce par pièce. Ce point fait l'objet de l'observation 1c de l'annexe 2 à l'avis.**

Enfin, la fréquence de coupure considérée dans le modèle numérique (500 Hz) est inférieure à celle retenue lors des épreuves de chutes du spécimen d'essais (1 000 Hz). **Aussi, le requérant devrait réaliser une analyse modale afin de justifier la fréquence de coupure des accélérations considérée. Ce point fait l'objet de l'observation 1d de l'annexe 2 à l'avis.**

L'étude du comportement mécanique du colis à -40°C, qui n'est pas été révisée par le requérant, s'appuie sur un modèle de calcul différent de celui décrit précédemment. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait présenter la validation de ce modèle. Ce point fait l'objet de l'observation 1e de l'annexe 2 à l'avis.**

Dans le cadre de la demande de prorogation d'agrément, la variation de la résistance à la rupture du mortier en température a été déterminée à partir de nouveaux essais de compression, réalisés sur huit éprouvettes à 20°C et -40°C. La variation mesurée lors de ces essais est environ quatre fois plus élevée que celle évaluée lors d'essais précédents. Au cours de l'expertise, le requérant a étudié l'influence du durcissement du mortier à -40°C sur le comportement mécanique du modèle de colis. Cette étude montre une contrainte importante dans deux des six vis du capot avant (marge d'environ 5 % par rapport à la rupture du matériau) et une faible ouverture du plan de joint du bouchon. Toutefois, cette étude ne prend pas en compte le cumul avec les épreuves représentatives des conditions normales de transport ou avec la chute sur poinçon. **Aussi, l'IRSN estime important le risque d'endommagement des vis des capots à basse température en conditions accidentelles de transport. La liaison vissée entre les capots et le corps pouvant être renforcée, par exemple en augmentant la classe de qualité des vis, l'IRSN recommande que le requérant renforce cette liaison pour les exemplaires du type B(U) qui sont susceptibles d'être transportés à basse température. Ce point fait l'objet de la recommandation 2 de l'annexe 1 à l'avis.**

2.2.2 Risque de rupture brutale

La justification de l'absence de risque de rupture brutale à basse température n'a pas été révisée par le requérant. Cette justification a été estimée insuffisante lors de la précédente demande de prorogation. À cette occasion, le requérant avait cependant apporté des éléments complémentaires permettant d'écarter ce risque. **Nonobstant, l'IRSN estime que le requérant devrait revoir sa justification. Ce point fait l'objet de l'observation 1f de l'annexe 2 à l'avis.**

3 COMPORTEMENT THERMIQUE DE L'EMBALLAGE

Les études thermiques n'ont pas été révisées par le requérant. L'étude thermique en conditions de transport de routine et conditions normales de transport n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.

Concernant les conditions accidentelles de transport, au cours de l'expertise, le requérant a précisé les nuances des joints de confinement utilisés ainsi que leurs températures maximales d'utilisation en régime transitoire. La marge entre ces températures et celles maximales calculées est satisfaisante. **L'IRSN estime que le requérant devrait inclure ces informations dans le dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de l'observation 2a de l'annexe 2 à l'avis.**

Par ailleurs, le nombre de bouchons fusibles, comparé au volume de mortier présent dans le corps et au volume de bois des capots, pourrait être insuffisant pour assurer l'évacuation des gaz produits lors d'un incendie. **L'IRSN estime que le requérant devrait justifier le caractère suffisant du nombre de bouchons fusibles en place. Ce point fait l'objet de l'observation 2b de l'annexe 2 à l'avis.**

Par ailleurs, l'étude du requérant ne tient pas compte de la poursuite éventuelle de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve de feu. L'IRSN note que la marge existante entre la température maximale atteinte par les joints de confinement et leur température maximale d'utilisation est importante. **Toutefois, l'IRSN estime que le CEA devrait considérer la possibilité de combustion du bois présent dans les capots. Ce point fait l'objet de l'observation 2c de l'annexe 2 à l'avis.**

4 CONFINEMENT

4.1 Relâchement d'activité

L'étude de relâchement d'activité ne prend pas en compte les produits de filiation liés à la décroissance radioactive des sources. La prise en compte de ces produits ne conduit pas, pour les radionucléides décrits dans les projets de certificats, à dépasser les critères réglementaires. **Cependant, l'IRSN estime que le requérant devrait mettre à jour son étude sur ce point. Ceci fait l'objet de l'observation 3a de l'annexe 2 à l'avis.**

Dans les études, le requérant tient compte pour certains radionucléides, présentant une activité spécifique importante, d'une rétention de la matière par l'aménagement interne (capsule, conteneur, nacelle), dont l'étanchéité en chute n'est pas justifiée. Cependant, il a retiré certains de ces radionucléides de la demande de prorogation (cf. § 6 de l'avis). Par ailleurs, la décroissance radioactive des autres sources concernées diminue leur activité spécifique. **Aussi, l'IRSN propose d'introduire dans les certificats d'agrément un âge minimal des sources concernées, permettant le respect des critères de relâchement d'activité sans tenir compte de l'aménagement interne.**

4.2 Taux de remplissage des gorges de joint

Le requérant a révisé le calcul du taux de remplissage des gorges des joints du bouchon et de la tape, en tenant compte des températures maximales des joints. Il conclut à des possibilités de sur-remplissage des gorges, en particulier lorsque leurs tolérances de réalisation sont prises en compte. Aussi, au cours de l'expertise, il a modifié les dimensions et les tolérances de fabrication des joints internes. De plus, il a mesuré les dimensions des gorges de joint des exemplaires d'emballage existants et pris en compte dans son calcul la gorge présentant le plus petit volume. Le résultat montre qu'un sur-remplissage des gorges de joints est écarté, ce qui est satisfaisant. **L'IRSN estime que ces éléments devront être intégrés au dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de la recommandation 1c de l'annexe 1 à l'avis. Dans l'attente, l'IRSN propose de les introduire dans les certificats d'agrément.**

4.3 Taux de compression des joints

Le requérant a évalué le taux de compression minimal des joints internes en faisant varier la température (-20 °C et -40 °C), les dimensions des gorges (représentatives de exemplaires existants) et la déformation rémanente en compression (prise égale à 0 % ou 20 %). Le taux de compression minimal de 15 % retenu pour garantir l'étanchéité d'un joint est respecté pour toutes les températures lorsque la déformation rémanente à la compression des joints est nulle. Aussi, pour les agréments de type B(U) et les agréments de type B(M) de certains exemplaires, le requérant a retenu au cours de l'expertise de spécifier le changement des joints avant chaque transport chargé. **L'IRSN estime cette démarche satisfaisante.**

Les dimensions des gorges de certains exemplaires garantissent un taux de compression des joints internes supérieur à 13 % à -20 °C en prenant en compte une déformation rémanente à la compression de 20 %. Pour ces exemplaires, le requérant a engagé la fabrication de nouveaux éléments (bouchon et tape), dont les dimensions garantissent un taux de compression minimal de 15 % à -40 °C en prenant en compte une déformation rémanente à la compression de 20 %. Durant le délai nécessaire à cette fabrication, les deux modèles de bouchons et de tapes pourront être utilisés. L'exploitant propose pour ces emballages de recourir à des agréments de type B(M), avec une température minimale pour le transport de -20 °C. **L'IRSN estime acceptable cette démarche.**

L'IRSN recommande que ces éléments soient introduits dans le dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de la recommandation 1d de l'annexe 1 à l'avis. Dans l'attente, l'IRSN propose de les ajouter dans les projets de certificats d'agrément.

5 RISQUES LIES A LA RADIOLYSE

Un joint en PVC est présent dans la cavité, au niveau de la nacelle porte-source. Le requérant a justifié que la radiolyse de ce joint ne peut pas conduire à la formation d'une atmosphère explosive dans l'emballage. Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

6 RADIOPROTECTION

Le requérant évalue les débits de dose autour du modèle de colis dans toutes les conditions de transport. Il conclut que les critères réglementaires sont respectés.

La démarche considérée consiste à déterminer des sources pénalisantes pour, d'une part le rayonnement gamma, d'autre part les émissions neutroniques, puis à évaluer pour celles-ci les débits d'équivalent de dose autour du colis. Ainsi, le requérant n'a pas cumulé les débits d'équivalent de dose dus aux rayonnements gamma et aux émissions neutroniques. Toutefois, certaines sources sont à la fois émettrices de rayonnement neutron et gamma. Bien que leurs intensités gamma et neutron soient plus faibles que celles des sources pénalisantes retenues, **l'IRSN estime que le requérant devra déterminer les sources pénalisantes en tenant compte du cumul des débits de dose dus au rayonnement gamma et aux émissions neutroniques.**

Par ailleurs, le requérant compare les sources sur la base du nombre de particules émises par seconde. Il ne prend pas en compte l'énergie des particules émises. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra confirmer que la prise en compte de l'énergie des particules ne met pas en cause les sources pénalisantes retenues.**

Pour ce qui concerne les sources contenant des mélanges d'un émetteur alpha et d'un élément léger, le requérant a réalisé de nouvelles évaluations des flux neutroniques, qui sont environ deux fois plus élevés que les précédentes alors que les contenus n'ont pas été modifiés. Cependant, les débits d'équivalent de dose ré-évalués par le requérant sont inférieurs aux évaluations précédentes. Au-delà, les nouvelles évaluations présentent des incohérences et des erreurs. À cet égard, en s'appuyant sur le retour d'expérience des débits d'équivalent de dose mesurés au contact des colis CTB chargés, les nouveaux calculs du requérant peuvent sous-estimer le débit de dose au contact du colis d'un facteur 2. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait revoir les calculs de débits d'équivalent de dose pour les sources constituées d'un mélange d'un émetteur alpha et d'un élément léger. Toutefois, l'IRSN relève que le retour d'expérience précité montre des marges significatives entre le débit d'équivalent de dose mesuré et le débit d'équivalent de dose réglementaire.**

Par ailleurs, les calculs du requérant ne prennent pas en compte les produits de filiation liés à la décroissance radioactive des sources. Ceci entraîne pour certaines sources une sous-estimation significative du débit d'équivalent de dose. En conséquence, en se fondant sur une approche simplifiée (modèle simplifié, sélection de certains radionucléides), le requérant, au cours de l'expertise, a supprimé certains radionucléides de la demande de prorogation, diminué la masse maximale d'autres radionucléides et spécifié un âge minimal pour certaines sources. **L'IRSN estime satisfaisantes les évolutions apportées par le requérant aux contenus. Toutefois, le requérant devrait formellement compléter ses études, pour prendre en compte tous les radionucléides et un modèle complet.**

Par ailleurs, les débits d'équivalent de dose au contact sont ceux qui présentent le moins de marge vis-à-vis des critères réglementaires. Pour rappel, ils font l'objet d'un contrôle systématique avant transport.

Au regard des remarques formulées ci-avant et des modifications des contenus, l'IRSN recommande que le requérant révise le chapitre radioprotection du dossier de sûreté avant la prochaine prorogation d'agrément (par exemple sous deux ans). Ceci fait l'objet de la recommandation 1e de l'annexe 1 à l'avis.

Enfin, l'endommagement de l'emballage pris en compte en conditions accidentelles de transport est enveloppe de celui déterminé à l'issue des essais de chutes. À cet égard, le requérant a fait un calcul en supprimant la virole externe de l'emballage et conclut à l'absence d'augmentation significative du débit d'équivalent de dose. Toutefois, l'IRSN considère que cette hypothèse peut conduire, pour certaines sources, à une augmentation significative du débit d'équivalent de dose, sans mettre en cause le respect des critères réglementaires. **Ce point fait l'objet de l'observation 4a de l'annexe 2 à l'avis.**

7 CRITICITE

L'étude de criticité n'a pas été révisée par le requérant. **Elle n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

8 UTILISATION

Le requérant a intégré dans le dossier de sûreté de nouveaux éléments concernant la mesure du débit d'équivalent de dose avant transport, la lubrification des vis sur filet et sous tête, l'incertitude sur le couple de serrage et la configuration d'arrimage utilisée. **L'IRSN estime ces nouveaux éléments globalement satisfaisants. Toutefois, le requérant devrait préciser en plus les conditions de mise en tension des élingues d'arrimage. Ce point fait l'objet de l'observation 5a de l'annexe 2 à l'avis.**

La description du contenu admissible, dans le dossier de sûreté comme dans le projet de certificat initial, n'est pas précise. En particulier, la façon dont les produits de filiation sont pris en compte n'est pas explicitée. **Comme mentionné précédemment, l'IRSN propose d'indiquer dans les projets de certificats que les activités spécifiées sont les activités des radionucléides à la date de fabrication de la source.**

9 PROGRAMME D'ENTRETIEN

Les opérations d'entretien, révisées dans le cadre de la demande de prorogation, n'appellent pas de remarque.

10 RETOUR D'EXPÉRIENCE LIÉ À LA MAINTENANCE ET L'UTILISATION

Le requérant a intégré dans le dossier de sûreté le retour d'expérience lié à la maintenance et à l'utilisation des emballages depuis leur mise en service. Compte tenu du retour d'expérience, il estime qu'ils ont été utilisés dans des conditions satisfaisantes et que la maintenance corrective réalisée a concerné des défauts mineurs.

Le requérant a cependant relevé trois fois en 2013 des impacts sur les portées des joints d'étanchéité de l'emballage. **Si de tels impacts se reproduisaient, l'IRSN estime que le requérant devrait chercher les causes de ces impacts et mettre en place des dispositions pour les prévenir. Ce point fait l'objet de l'observation 6a présentée en annexe 2 au présent avis.**

11 CONCLUSION

En conclusion, sur la base des justifications de sûreté présentées par le CEA et des compléments apportés lors de l'instruction, l'IRSN considère que le modèle de colis constitué par l'emballage CTB chargé de sources radioactives, tel que défini dans les projets de certificats d'agrément revus en cours d'expertise, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de types B(U) et B(M), chargés ou non de matières fissiles.

Toutefois, l'IRSN recommande la modification des vis des capots des exemplaires de type B(U), de manière à augmenter les marges de sûreté à basse température. De plus, comme détaillé dans le présent avis, l'IRSN propose d'introduire dans les certificats d'agrément certains compléments transmis lors de l'expertise.

Par ailleurs, le dossier de sûreté et les études en support, en particulier pour la partie relative à la radioprotection, appellent un certain nombre de remarques de l'IRSN. En conséquence, l'IRSN recommande que le dossier de sûreté et les études concernées soient mis à jour avant la prochaine demande de prorogation (par exemple sous deux ans).

Enfin, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations de l'annexe 2 de l'avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n°00308 du 23 novembre 2018

Recommandations

- 1 L'IRSN recommande que le requérant mette à jour le dossier de sûreté avant la prochaine demande de prorogation (par exemple sous deux ans) pour :
 - a. revoir la description des sources autorisées au transport ;
 - b. justifier l'absence de talonnement du bois à la température maximale en conditions normales de transport à l'issue d'une séquence de chutes du colis en position inclinée, cumulant les chutes représentatives des conditions normales et accidentelles de transport, en tenant compte de caractéristiques mécaniques raisonnablement enveloppes des bois et d'une loi de comportement des bois au-delà du seuil de talonnement justifiée ;
 - c. intégrer les nouvelles dimensions des joints ;
 - d. intégrer les nouveaux concepts de bouchon et tape ;
 - e. réviser le chapitre radioprotection du dossier de sûreté et les études associées, en corrigeant les erreurs et incohérences, et en prenant en compte :
 - les produits de filiation liés à la décroissance radioactive des sources ;
 - l'énergie des particules émises et le cumul des émissions gamma et neutron dans l'analyse des sources pénalisantes ;

- 2 L'IRSN recommande que le requérant renforce la liaison visée entre les capots et le corps, par exemple en augmentant la classe de qualité des vis, pour les exemplaires du type B(U).

Annexe 2 à l'avis IRSN n°00308 du 23 novembre 2018

Observations

1 Comportement mécanique du colis

- a. Étudier la tenue des pieds aux efforts pseudo-statiques et à la fatigue en cas d'accélération vers le bas dans le mode de transport aérien.
- b. Corriger l'incohérence dans les résultats présentés pour la séquence de chute en position inclinée dans le dossier de sûreté.
- c. Pour l'étude des séquences de chute à 90°C, vérifier que le modèle respecte le critère d'Hourglass à la fois pour le bilan énergétique global et les bilans énergétiques pièce par pièce.
- d. Justifier la fréquence de coupure des accélérations utilisée dans le modèle numérique (500 Hz) par une analyse modale en examinant en particulier les liaisons entre les composants de l'emballage et la position du chargement.
- e. Valider les modèles numériques utilisés pour la simulation de la chute à -40°C sur la base des mesures relevées à l'issue des essais de chute.
- f. Compléter la justification de l'absence de risque de rupture brutale des composants du colis.

2 Thermique

- a. Spécifier dans le dossier de sûreté la température d'utilisation des joints de confinement en régime transitoire.
- b. Justifier la suffisance du nombre de bouchons fusibles en place.
- c. Considérer la possibilité de combustion du bois présent dans les capots.

3 Confinement

- a. Prendre en compte la décroissance radioactive des sources dans le dossier de sûreté.

4 Radioprotection

- a. Prendre en compte un endommagement de l'emballage pénalisant suite aux conditions accidentelles de transport, en justifiant le caractère enveloppe de la source considérée vis-à-vis de la nature de la protection radiologique endommagée.

5 Utilisation

- a. Préciser les conditions de mise en tension des élingues d'arrimage (effort de pré-tension, dispositif de réglage de tensions...).

6 Retour d'expérience lié à la maintenance et l'utilisation

- a. Si des impacts sur les portées de joints se reproduisaient, déterminer leurs causes.