

Fontenay-aux-Roses, le 29 avril 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00142

Objet : Transport - Validation - Emballage RAJ-II chargé d'assemblages combustibles UO₂ neufs

Réf.

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2015-041252 du 12 octobre 2015
2. Règlement de transport de l'AIEA, N° SSR-6, édition 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 validation de l'agrément américain USA/9309/B(U)F-96 (Rev. 5) présentée par la société *Global Nuclear Fuel*, appelée par la suite GNF, pour le modèle de colis RAJ-II.

Cette demande concerne le transport, en tant que colis de type B(U) pour matières fissiles, de l'emballage RAJ-II chargé de deux assemblages combustibles neufs destinés aux réacteurs à eau bouillante (REB). Le certificat d'agrément délivré par l'autorité de sûreté américaine autorise, jusqu'en 2019, le transport de plusieurs types d'assemblages combustibles REB (8x8, 9x9 et 10x10) ainsi que de crayons non assemblés conditionnés dans un tube à crayons. Toutefois, dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément, le requérant restreint la définition du contenu aux assemblages combustibles de type GNF2 (REB 10x10).

Les justifications de sûreté présentées par le requérant en appui de la demande précitée ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en seconde référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

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

Contexte

Dans le cadre de précédentes expertises relatives au modèle de colis RAJ-II, l'IRSN a estimé que les démonstrations de sûreté transmises par le requérant devaient être complétées concernant :

- la tenue mécanique du colis, notamment l'absence de rupture de crayons combustibles lors des épreuves réglementaires simulant les conditions accidentelles de transport,
- le comportement des assemblages combustibles lors de l'épreuve réglementaire de feu,
- le conservatisme des hypothèses retenues dans l'étude de sûreté-criticité du colis.

Le requérant a transmis, notamment dans le cadre de la demande objet du présent avis, des compléments sur ces points.

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

Définition du modèle de colis

Définition du contenu

Le contenu objet de la demande de validation est constitué d'au plus deux assemblages combustibles de type REB 10x10, appelés GNF2, à base d'oxyde d'uranium éventuellement mélangé avec de l'oxyde de gadolinium. L'enrichissement maximal en uranium-235 de l'uranium est de 5 %. L'uranium peut être issu du retraitement de combustibles irradiés.

À cet égard, selon les caractéristiques présentées dans le dossier de sûreté transmis en appui de la demande du requérant, ce contenu peut être classé en tant que matière de faible activité spécifique (LSA-II), telle que définie dans la réglementation citée en seconde référence. Aussi, le modèle de colis pourrait être requalifié en tant que colis industriel de type 2 transporté sous utilisation exclusive. Pour ce type de colis, du fait de la concentration limitée de la matière radioactive, les critères réglementaires relatifs au relâchement d'activité sont moins contraignants que ceux associés aux modèles de colis de type B. Compte tenu des remarques formulées concernant les démonstrations du requérant, selon l'IRSN, une requalification du modèle de colis pourrait être adaptée.

Définition de l'emballage

L'emballage RAJ-II, de forme générale parallélépipédique, se compose d'un conteneur externe et d'un conteneur interne. Le conteneur externe est constitué de tôles en acier inoxydable, délimitant un espace rempli de blocs de bois et de papier en nid d'abeille. La cavité du conteneur externe accueille le conteneur interne, qui est muni d'isolant thermique en silicate d'alumine. La cavité du conteneur interne est divisée en deux espaces qui reçoivent chacun un assemblage combustible. Les parois de ces deux espaces sont recouvertes d'une protection en mousse polyéthylène d'épaisseur variable en fonction des assemblages combustibles transportés.

Au regard des plans de concept du modèle de colis, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter le chapitre de description de l'emballage du dossier de sûreté afin de notamment spécifier la présence de blocs de bois et de mousse polyéthylène à chacune des extrémités des deux logements du conteneur interne. Il conviendrait en outre de spécifier l'épaisseur de ces blocs, qui dépend de la longueur des assemblages transportés, de manière à préciser le jeu entre les assemblages et les surfaces internes du conteneur. En outre, le requérant devrait décrire les blocs de bois présents dans la protection en silicate d'alumine du conteneur interne, du fait qu'ils sont de nature à modifier le comportement mécanique et thermique du conteneur interne.

Enfin, l'IRSN estime que les propriétés mécaniques des matériaux constituant l'emballage devraient être spécifiées, sur l'intervalle de température réglementaire, dans le chapitre du dossier de sûreté précité.

Ces points font l'objet de la recommandation 1 et de l'observation 1 présentées respectivement en annexe 2 du présent avis.

Comportement mécanique du modèle de colis

Conditions de transport de routine

La manutention du modèle de colis RAJ-II est effectuée à l'aide, soit de sangles passant sous l'emballage, soit d'un chariot élévateur dont les fourches sont introduites dans des trous de passage aménagés sous l'emballage.

Des organes de manutention disposés sur les conteneurs (interne et externe) sont prévus uniquement pour la manutention du couvercle des conteneurs et du conteneur interne (vide ou chargé). Un marquage est gravé à proximité de ces composants pour indiquer que ceux-ci ne doivent pas être utilisés lors de la manutention des conteneurs chargés. Toutefois, afin d'exclure une utilisation erronée des anneaux de levage du couvercle de fermeture du conteneur externe, l'IRSN considère que le requérant devrait mettre en place un dispositif interdisant l'utilisation de ces organes pour réaliser le levage du colis. Ceci fait objet de la recommandation 7 présentée en annexe 1 du présent avis.

Pour ce qui concerne l'arrimage du colis dans le véhicule, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier que la configuration de transport, la position et la tension de serrage des sangles utilisées ainsi que les sollicitations rencontrées par le colis dans les conditions de transport de routine ne sont pas de nature à endommager le colis. Ceci fait objet de l'observation 2 présentée en annexe 2 du présent avis.

En outre, le requérant devrait justifier la tenue des taquets bloquant les sangles lors des opérations de levage. Une défaillance de ces composants pourrait engendrer un glissement du colis lors des opérations de manutention. Ceci fait objet de l'observation 3 présentée en annexe 2 du présent avis.

Conditions normales et accidentelles de transport

En tant que modèle de colis de type B pour matières fissiles, la conception du colis RAJ-II doit prendre en compte les épreuves de chute simulant les conditions normales et accidentelles de transport telles que définies dans la réglementation citée en seconde référence.

Les analyses du requérant considérant ces épreuves reposent sur deux campagnes d'essais de chute réalisés avec des spécimens de l'emballage RAJ-II. À cet égard, l'IRSN avait formulé précédemment des remarques concernant la représentativité des spécimens utilisés lors de ces essais, au regard des propriétés mécaniques du modèle de colis RAJ-II. Ce point a fait l'objet de demandes de l'ASN en 2009.

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant a transmis des justifications complémentaires, reposant sur des calculs numériques, visant à justifier notamment le comportement mécanique du colis en conditions accidentelles de transport. À cet égard, il étudie l'influence de la masse des contenus et de la température des composants dans cinq configurations de chute libre, d'une hauteur de 9 mètres, du colis en positions horizontale, verticale, inclinée et quasi-horizontale pour différents points d'impact. Par ailleurs, il se base sur les résultats d'essais réalisés avec l'emballage RA-3D, dont la configuration est proche du RAJ-II. En effet, pour ces essais, des spécimens d'assemblages combustibles, remplis de pastilles d' UO_2 appauvri, ont été utilisés.

Si les études réalisés par le requérant ont pris en compte certaines des demandes de l'ASN précitées, elles nécessitent d'être notablement complétées (justifications des angles de chute, des caractéristiques considérées pour les matériaux,...). Ceci fait l'objet des recommandations 3 à 5 en annexe 1 au présent avis.

Dans ce contexte, selon l'IRSN, la réalisation d'essais de chute complémentaires, avec des spécimens d'emballage et d'assemblages combustibles dont la représentativité est mieux maîtrisée (en termes de propriétés mécaniques et dimensionnelles des composants), pourrait être nécessaire.

Comportement thermique du modèle de colis

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant n'a pas modifié les analyses relatives au comportement thermique du colis dans toutes les conditions de transport.

En complément, le requérant justifie que les gaines des crayons combustibles conservent leur intégrité à l'issue d'un feu de 800°C pendant 30 minutes, en s'appuyant sur un essai réalisé dans un four avec des crayons combustibles. Toutefois, les conditions de réalisation de cet essai (caractéristiques des crayons...) n'ont pas été détaillées par le requérant. A cet égard, il devrait démontrer que le comportement des crayons testés couvre celui des crayons des assemblages de type GNF2. Enfin, cet essai n'a pas été réalisé avec des crayons pré-déformés, de manière à être représentatif de la configuration après les chutes représentatives des conditions accidentelles de transport.

Ces points font objet des recommandations 6.1 à 6.5 présentées en annexe 1 du présent avis.

Confinement

Les justifications du respect des exigences réglementaires en terme de relâchement maximal d'activité du modèle de colis en conditions normales et accidentelles de transport, présentées par le requérant, reposent sur la mesure du taux de fuite des crayons combustibles à l'issue des opérations de fabrication. Aussi, l'absence de rupture de crayons doit être démontrée en conditions normales et accidentelles de transport. Or, concernant les analyses relatives à ces conditions de transports, l'IRSN estime que les compléments apportés par l'exploitant dans le cadre du présent dossier doivent être approfondies notamment sur ce point.

Sûreté-criticité

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant a complété l'analyse des risques de criticité du colis chargé de deux assemblages GNF2, en étudiant l'influence de certains paramètres. Ceci prend en compte de manière satisfaisante les demandes correspondantes formulées par l'ASN en 2009.

Toutefois, l'étude du requérant considère des déformations limitées des assemblages combustibles à l'issue des épreuves réglementaires (augmentation limitée du pas des crayons...). Les déformations considérées s'appuient sur les conclusions des études des comportements mécanique et thermique du colis, qui font l'objet de remarques de l'IRSN détaillées ci-avant.

Utilisation et maintenance

Concernant les spécifications relatives à l'utilisation du colis, l'IRSN estime que le requérant devrait préciser la valeur des couples ainsi que les conditions de serrage des vis des conteneurs (classe de clé utilisée, type de graissage, etc.). Ceci fait objet de la recommandation 8 présentée en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, le requérant devrait décrire les opérations de manutention des conteneurs en s'assurant que celles-ci n'engendreront pas d'endommagement de la protection en mousse polyéthylène. Ceci fait objet de la recommandation 9 présentée en annexe 1.

Le programme de maintenance, présenté dans le dossier de sûreté, ne mentionne pas de périodicité pour le remplacement ou l'examen de certains composants importants pour la sûreté du modèle de colis tels que les amortisseurs et les vis ou boulons de fermeture des couvercles des conteneurs. Seule, une inspection visuelle de ces composants est régulièrement réalisée. De plus, les matériaux amortisseurs présents dans la structure des conteneurs (bois, mousse polyéthylène, papier nid d'abeilles) pourraient être sensibles à l'humidité. Un soin particulier devrait donc être apporté à l'examen de ces composants. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter le programme de maintenance du colis en tenant compte des recommandations 10 et 11 présentées en annexe 1 au présent avis.

Assurance de la qualité

Le dossier de sûreté du modèle de colis RAJ-II n'inclut pas de chapitre décrivant les principes d'assurance de la qualité applicables. L'IRSN estime que le requérant devrait, dans le cadre de la prochaine demande d'agrément du colis, intégrer les principes d'assurance de la qualité qui permettent notamment d'assurer la traçabilité des informations retenues dans les démonstrations de sûreté, les spécifications de fabrication et la notice d'utilisation du colis. Ceci fait objet de la recommandation 12 présentée en annexe 1 du présent avis.

Conclusion

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées, l'IRSN considère que la conformité du modèle de colis RAJ-II chargé d'assemblages combustibles neufs destinés aux réacteurs de type REB (contenu GNF2) aux prescriptions applicables aux modèles de colis de type B(U) pour matières fissiles repose sur la démonstration du maintien de l'intégrité des gaines des crayons combustibles notamment à l'issue des épreuves représentatives des conditions accidentelles de transport. À cet égard, bien que le requérant ait apporté un certain nombre de compléments d'analyse dans le cadre de la demande d'agrément objet du présent avis, l'IRSN estime que cette démonstration doit encore être approfondie, en tenant compte des recommandations listées en annexe 1 du présente avis.

À cet égard, pour l'IRSN, la réalisation d'essais de chute complémentaires, avec des spécimens d'emballage et d'assemblages combustibles dont la représentativité est mieux maîtrisée, devrait être considérée par le requérant.

Par ailleurs, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations présentée en annexe 2 au présent avis.

Enfin, il est à souligner que, selon les caractéristiques présentées par le requérant, le contenu GNF2 peut être classé comme matière de faible activité spécifique (LSA-II) et le modèle de colis requalifié en tant que colis industriel de type 2 transporté sous utilisation exclusive.

Pour le Directeur général et par délégation,
Igor LE BARS,
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00142 du 29 avril 2016

Recommandations de l'IRSN

Description du modèle de colis

1. Présenter les jeux minimal et maximal entre les assemblages et les surfaces internes des logements, en précisant notamment les épaisseurs des différents composants (calage, amortisseur...), et justifier que ces jeux ne sont pas de nature à entraîner un impact décalé préjudiciable du contenu sur les parois du conteneur interne.
2. Indiquer dans le dossier de sûreté :
 - 2.1. les propriétés mécaniques des matériaux constituant l'emballage sur l'intervalle de températures réglementaires,
 - 2.2. les caractéristiques mécaniques minimales des vis de fermeture des couvercles des conteneurs externe et interne.

Comportement mécanique du modèle de colis en conditions normale et accidentelle de transport

3. Compléter l'étude du comportement mécanique du colis dans les configurations de chute libre, d'une hauteur de 9 m, sur la plage réglementaire de températures en :
 - 3.1. justifiant le caractère pénalisant de l'angle de chute (inclinaison du colis) retenu pour la chute quasi-horizontale simulant l'effet de fouettement,
 - 3.2. concernant les propriétés mécaniques des matériaux retenues dans les calculs :
 - a. justifiant le caractère enveloppe des essais réalisés pour déterminer les propriétés mécaniques du papier nid d'abeille et de la mousse polyéthylène (propriétés des matériaux testés, résultats obtenus et incertitudes associées) ainsi que des hypothèses considérées dans les études pour ces matériaux,
 - b. justifiant le caractère pénalisant des propriétés du bois (contraintes d'écrasement et seuils de consolidation en fonction des températures du matériau) et du silicate d'alumine retenues dans les calculs, en tenant compte des spécifications d'approvisionnement des matériaux (contrainte d'écrasement, densité, taux d'humidité),
 - 3.3. concernant la qualification du modèle numérique utilisé :
 - a. étudiant l'influence de l'écart de masse de ce modèle (inférieure de 25 % à celle du modèle de colis), par exemple en comparant les résultats obtenus avec ceux obtenus avec un modèle détaillé dont la masse est équivalente à la masse maximale du modèle de colis,
 - b. comparant les accélérations calculées au niveau des assemblages combustibles à celles mesurées lors des essais à la même position,
 - 3.4. concernant l'extrapolation des résultats obtenus avec le modèle de colis RA-3D :
 - a. révisant les analyses du comportement mécanique du modèle de colis RA-3D en tenant compte des demandes formulées par l'ASN en 2011,

- b. étudiant l'influence des écarts entre les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des spécimens RA-3D utilisés lors des chutes, et celles des composants de l'emballage RAJ-II,
 - c. évaluant l'influence des écarts entre les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des spécimens d'assemblages utilisés lors des essais de chute du modèle de colis RA-3D et celles des assemblages de type « GNF2 »,
- 3.5. justifiant l'intégrité des gaines des crayons combustibles en déterminant la contrainte maximale atteinte dans les gaines dans la configuration de chute la plus pénalisante, et le cas échéant aux extrémités des crayons.
4. Compléter l'étude de comportement de l'embout de pied des assemblages combustibles lors d'une chute libre, d'une hauteur de 9 mètres, du colis en position verticale en :
- 4.1. justifiant l'accélération maximale et la durée d'impact considérée,
 - 4.2. étudiant l'influence des jeux internes, qui pourraient entraîner un impact décalé du contenu sur les parois du conteneur interne.
5. Compléter la justification de la tenue mécanique du colis à l'issue d'une chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon, en considérant les propriétés des composants du colis à la température maximale atteinte en conditions normales de transport.

Comportement thermique du modèle de colis

6. Concernant l'essai thermique réalisé sur les crayons combustibles :
- 6.1. détailler les caractéristiques des spécimens de crayon utilisés (matériau, propriétés mécaniques des gaines, épaisseurs de gaines, pression de remplissage ...),
 - 6.2. présenter les conditions de l'essai (position des crayons dans le four notamment) et justifier le conservatisme des échanges convectifs autour des crayons dans le four.
 - 6.3. détailler les mesures réalisées (relevés de température, position des thermocouples,...)
 - 6.4. démontrer que le comportement des crayons testés couvre ceux des assemblages de type GNF2.
 - 6.5. analyser des conséquences des éventuelles déformations des crayons combustibles à l'issue des épreuves de chutes simulant les conditions accidentelles de transport sur leur comportement lors des essais thermiques.

Utilisation et maintenance

- 7. Mettre en place un dispositif qui rend inopérant les anneaux de levage du couvercle de fermeture du conteneur externe durant le transport.
- 8. Préciser la valeur des couples ainsi que les conditions de serrage (incertitudes associées aux moyens de serrage utilisés, type de graissage, etc.) des vis de fermeture des conteneurs interne et externe.
- 9. Justifier que les opérations de manutention des conteneurs ne peuvent pas engendrer des endommagements de la protection en mousse polyéthylène.
- 10. Lors des opérations de maintenance, apporter un soin particulier à l'examen des matériaux amortisseurs présents dans la structure du modèle de colis (bois, mousse polyéthylène, papier nid d'abeilles) qui sont sensibles à l'humidité.

11. Compléter le programme de maintenance en spécifiant les fréquences et les critères de remplacement ou d'examen des composants du modèle de colis (structure des conteneurs, visserie, soudures des attaches de manutention,...).

Assurance de la qualité

12. Intégrer dans le dossier de sûreté un chapitre décrivant les principes d'assurance de la qualité applicables à l'ensemble des activités relatives au modèle de colis RAJ-II, permettant notamment d'assurer la traçabilité des informations retenues dans les démonstrations de sûreté, les spécifications de fabrication et la notice d'utilisation du colis.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00142 du 29 avril 2016

Observations de l'IRSN pour l'amélioration des démonstrations de sûreté

Description du modèle de colis

1. Compléter le chapitre de description du dossier de sûreté afin de spécifier la présence de blocs de bois entre les blocs de silicate d'alumine (protection thermique) du conteneur interne.

Comportement mécanique du modèle de colis en conditions de routine

2. Démontrer la tenue du conteneur externe en tenant compte :
 - 2.1. de la position et de la tension de serrage des sangles qui peuvent être utilisées pour l'arrimage du colis dans le véhicule,
 - 2.2. les sollicitations rencontrées par le colis dans les conditions de transport de routine.
3. Justifier la tenue des taquets bloquant les sangles lors des opérations de levage.
4. Compléter la justification de la tenue à la fatigue des composants du colis en conditions de transport de routine, réalisée sur la base des essais vibratoires, en :
 - 4.1. présentant les conditions de ces essais (durée, nombre de cycles de sollicitation du colis) et justifiant la pertinence des paramètres retenus (amplitude et fréquence des sollicitations),
 - 4.2. justifiant le conservatisme des essais sur la base, d'une part du nombre maximal de cycles subit par les composants du modèle de colis, d'autre part des sollicitations des composants du colis rencontrées dans les conditions de transport de routine,
 - 4.3. présentant les critères retenus pour exclure tout endommagement par fatigue des composants au regard des nuances de matériaux constitutifs du modèles de colis.

Confinement

5. Réviser les analyses de relâchement d'activité en :
 - 5.1. justifiant le nombre de crayons (au maximal 184 crayons par colis) retenu dans les calculs en conditions normales de transport,
 - 5.2. corrigeant la masse d' UO_2 correspondant à une activité de 1 A_2 (12,1 kg au lieu de 2,1 kg).

Radioprotection

6. Intégrer, dans le dossier de sûreté, la justification de l'absence d'augmentation de plus de 20 % de l'intensité maximale de rayonnement au voisinage du colis à l'issue des épreuves simulant les conditions normales de transport.

Sûreté-criticité

7. Pour la détermination du biais lié à la qualification du schéma de calcul, dans les futures études, justifier le choix des expériences retenues au regard de leur représentativité par rapport à la configuration du modèle de colis.
8. Dans les futures études, démontrer pour la configuration du réseau de colis non endommagés, que la prise en compte d'un brouillard d'eau de densité différente, d'une part entre les conteneurs interne et externe, d'autre part dans la cavité du conteneur interne, ne met pas en cause la sous-criticité du colis.