

Fontenay-aux-Roses, le 17 novembre 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis/IRSN N° 2014-411**

**Objet :** Transport - Nouvel agrément - Emballage R 75 chargé de guides de grappe irradiants et contaminés

**Réf.**

1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2013-033156 du 17 juin 2013**
2. Règlement de transport de l'AIEA, édition de 2009
3. Avis IRSN N° 2012-532 du 6 décembre 2012

Par lettre citée en première référence, les services de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont demandé l'avis et les observations de l'IRSN sur la demande d'agrément présentée par la société ROBATEL Industries, ci-après dénommé « le requérant », pour le nouveau modèle de colis R 75 en tant que colis de type B(U).

Le modèle de colis R 75 a été conçu et développé par le requérant pour réaliser le transport de guides de grappe irradiants et contaminés entre les réacteurs du parc électronucléaire français et la Base chaude opérationnelle du Tricastin (BCOT). La demande d'agrément concerne le transport, par voie routière, d'un à cinq guides de grappe utilisés dans les réacteurs des paliers 900 MW, 1300 MW et 1450 MW.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport aux exigences applicables du règlement cité en deuxième référence. Conformément à la demande de l'ASN, l'IRSN a également expertisé les éléments transmis par le requérant afin de justifier la qualification du code de calcul SimCap utilisé dans le cadre de l'analyse du comportement mécanique du modèle de colis en conditions accidentelles de transport. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

**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 B 440 546 018

### **Présentation générale de l'emballage**

L'emballage R 75 est constitué principalement d'un corps cylindrique et de deux capots amortisseurs, constitués de blocs de balsa, permettant l'amortissement des chocs mécaniques et protégeant les joints d'étanchéité en élastomère de l'enveloppe de confinement en conditions

accidentelles de feu. Le corps de l'emballage est notamment constitué d'une couche de plomb permettant d'atténuer l'intensité des rayonnements autour du colis et d'une protection thermique en compound. Un panier, chargé dans la cavité de l'emballage, peut recevoir cinq guides de grappe. En partie supérieure, le panier est coiffé par une plaque de retenue qui bloque le contenu pour empêcher qu'il vienne heurter le couvercle de la cavité dans le cas d'une chute du colis avec impact du côté du couvercle.

### Définition des contenus

L'inventaire des activités maximales des différents radionucléides présents dans les guides de grappe, présenté dans la définition des contenus, ne contient pas l'ensemble des radionucléides du « spectre type » défini par EDF. Seuls les principaux émetteurs gamma sont identifiés, les radionucléides qualifiés de « difficilement mesurables » par EDF (émetteurs bêta pur, gamma de faible énergie, émetteurs alpha pour les guides de grappe exploités dans des tranches ayant connu une rupture de gaine) n'étant en revanche pas listés dans l'inventaire radiologique.

A cet égard, l'IRSN considère que le requérant devrait justifier, avant la réalisation du premier transport, d'une part que les activités des radionucléides décrits sont enveloppes des guides de grappe des différents CNPE expéditeurs, d'autre part que l'activité des radionucléides omis a un impact négligeable en termes de relâchement d'activité sous forme d'aérosols et de gaz, susceptibles d'être inhalés par des personnes présentes à proximité des colis.

### Tenue mécanique du modèle de colis

#### Programme d'essais de chute

La justification du maintien des fonctions de sûreté du modèle de colis dans les conditions des épreuves mécaniques réglementaires simulant les conditions normales et accidentelles de transport repose sur des essais de chute réalisés avec une maquette à l'échelle 10/29<sup>ème</sup>. Le programme d'essais comprenait quatre séquences, comportant chacune une chute d'une hauteur de 9,3 mètres du colis, correspondant au cumul des hauteurs réglementaires de chute en conditions normales et accidentelles de transport, suivie, pour trois d'entre elles, d'une chute d'une hauteur de 1 mètre du colis sur poinçon. Les orientations de chute ainsi que les caractéristiques des composants de la maquette ont été définies préalablement aux essais sur la base de calculs effectués à l'aide d'un code développé par le requérant, dénommé SimCap, avec pour objectif de maximiser, soit les sollicitations de l'enveloppe de confinement, soit l'endommagement des protections radiologiques (plomb) et thermiques (capots et compound PNT 7<sup>TM</sup>). A cet égard, le requérant a présenté un dossier de qualification de ce code afin de démontrer la validité des résultats obtenus ainsi que le conservatisme des lois de comportement du bois des capots déterminées sur la base de résultats d'essais d'écrasement.

A l'issue des essais de chute, il n'a été constaté ni dégradation du niveau d'étanchéité de la maquette, ni desserrage des vis du couvercle. Lors de la chute du colis en position horizontale, effectuée en portant les capots amortisseurs à la température de 70°C, enveloppe des conditions normales de transport, la collerette de fixation du capot amortisseur de tête a heurté la cible. Afin de

prévenir le risque d'impact de la collerette, des tourillons ou du pion d'arrimage de l'emballage, le requérant a augmenté la densité des blocs de balsa sur le modèle de colis (de 0,25 à 0,28 contre de 0,17 à 0,21 sur la maquette) et a présenté une démonstration par calcul de l'absence de choc de ces éléments sur la cible à la température maximale atteinte en conditions normales de transport. En outre, le requérant a présenté une démonstration de la tenue mécanique des vis de fixation du couvercle de fermeture de la cavité de l'emballage lors d'une chute à -40°C.

Le programme de chute réalisé par le requérant a été expertisé par l'IRSN. Les conclusions ont été rapportées dans l'avis cité en troisième référence. Les recommandations de l'IRSN concernant l'inclinaison de la maquette dans les configurations de chute d'une hauteur de 9 mètres et de chute de 1 mètre sur poinçon ont été prises en compte. En revanche, le requérant n'a pas effectué d'essai de chute de 9 mètres de hauteur du colis en position verticale et en position horizontale à -40°C. L'analyse de ces configurations de chute repose uniquement sur les résultats de calculs effectués avec le code SimCap, dont la validité est analysée ci-après.

#### Qualification du code SimCap

Le code SimCap est utilisé pour déterminer l'écrasement des capots amortisseurs et l'accélération subie par un colis lors d'une chute. Toutefois, ce code n'est pas conçu pour modéliser les phénomènes vibratoires dans le corps de l'emballage, considéré comme rigide et indéformable, ni pour étudier la tenue des différents éléments du corps de l'emballage. En outre, ce code n'est pas en mesure d'évaluer les conséquences de l'impact d'un élément rigide du colis (tourillon, collerette de fixation du capot, ...) sur la cible.

La qualification du code repose sur une comparaison entre les résultats des calculs de simulation et les valeurs mesurées pour les accélérations et écrasements lors de 33 essais de chute effectués avec des maquettes représentatives de 8 modèles de colis différents. A cet égard, les lois de comportement des blocs de bois de ces maquettes ont été déterminées sur la base d'une extrapolation de résultats d'essais effectués à différentes températures sur des échantillons de bois de densité variable.

Ces comparaisons montrent que le code surestime, en moyenne, l'accélération de 8 % et l'écrasement des capots de 5 %. Néanmoins, afin de tenir compte de la dispersion des écarts entre les calculs et les essais, le requérant préconise, pour chaque type de chute, la prise en compte d'un facteur correctif correspondant à la sous-estimation maximale du code par rapport aux résultats d'essai.

L'IRSN note que les courbes d'accélération issues des calculs effectués avec ce code reproduisent de façon globalement satisfaisante l'allure des courbes issues des mesures effectuées lors des chutes pour lesquelles les capacités d'amortissement des capots ont permis de prévenir le talonnement du bois ou l'impact d'un composant métallique sur la cible. En cas de talonnement du bois ou d'impact d'un composant métallique massif, le code SimCap n'est pas adapté pour évaluer les niveaux d'accélération étant donné que les efforts transmis par les composants en acier, qui ne sont pas modélisés, sont prépondérants en fin de phase d'écrasement des blocs de bois.

Par ailleurs, l'IRSN note que le requérant, contrairement à sa recommandation, n'a retenu aucun facteur correctif dans son évaluation des accélérations et des écrasements maximaux pour les configurations de chute du modèle de colis R 75. En outre, l'IRSN estime que la méthode d'extrapolation retenue par le requérant pour déterminer les lois de comportement des blocs de balsa en température conduit à une sous-estimation de l'écrasement des capots. Si cette sous-estimation n'est pas de nature à remettre en cause l'absence d'impact de la collerette, des tourillons ou du pion d'arrimage de l'emballage sur le sol compte tenu des marges disponibles, l'IRSN considère qu'elle ne permet pas d'exclure un talonnement du bois lors des chutes du colis en position verticale et en position inclinée. Un tel talonnement serait de nature à générer des pics d'accélération en fin d'écrasement pouvant conduire à une plastification des vis de fixation du couvercle de l'emballage. Dans ces conditions, le taux de fuite de l'enveloppe de confinement tel que mesuré avant expédition pourrait ne plus être garanti.

### **Confinement**

Le requérant a vérifié que le dimensionnement des joints et de leur gorge permet de prévenir tout risque d'extrusion et toute perte d'étanchéité par compression insuffisante entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et la température maximale atteinte en conditions accidentelles de transport ( $157^{\circ}\text{C}$ ).

En outre, le requérant a vérifié le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité en conditions normales ( $10^{-6} \text{ A}_2/\text{h}$ ) et accidentelles de transport ( $1 \text{ A}_2$  en une semaine) en tenant compte de la remise en suspension dans la cavité de l'emballage de la part non-fixée de la contamination sous forme d'aérosols et d'un dégagement gazeux de chlore 36.

L'IRSN estime que les marges obtenues entre la température maximale calculée dans les joints d'étanchéité en conditions accidentelles de transport d'une part ( $157^{\circ}\text{C}$ ), et les températures susceptibles d'entraîner un risque d'extrusion ou de dégradation de ces joints d'autre part (respectivement de  $165^{\circ}\text{C}$  et de  $175^{\circ}\text{C}$ ), sont trop faibles au regard des incertitudes associées au caractère pénalisant de la modélisation retenue pour représenter un poinçonnement ayant affecté le capot amortisseur de tête préalablement à l'essai de feu. Aussi, l'IRSN considère que le taux de fuite de l'enveloppe de confinement tel que mesuré avant expédition pourrait ne pas être garanti en conditions accidentelles de transport. Toutefois, l'IRSN note que, en raison de l'activité labile limitée des contenus (au maximum  $1,26 \text{ A}_2$  pour les guides de grappe fortement contaminés), le relâchement total d'activité hors du colis ne devrait pas dépasser la limite réglementaire de  $1 \text{ A}_2$  en une semaine en conditions accidentelles de transport. Néanmoins, l'IRSN recommande que le requérant confirme ce point en tenant compte de l'ensemble des radionucléides présents dans les guides de grappe et en justifiant la part d'activité de contamination fixée et non-fixée.

### **Radioprotection**

Le requérant a vérifié par calculs le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose en tenant compte des tolérances minimales sur les épaisseurs des protections radiologiques (acier, plomb et compound hydrogéné) et en supposant un décentrage du contenu dans la cavité.

En outre, une déshydrogénation complète du compound a été considérée en conditions accidentelles de transport. Par ailleurs, le requérant a vérifié qu'un tassement de la protection radiologique en plomb, à l'issue d'une chute d'une hauteur de 9 mètres simulant les conditions accidentelles de transport, ne remettrait pas en cause le respect du critère réglementaire de débit d'équivalent de dose au voisinage du colis.

L'IRSN recommande que le requérant vérifie le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose en conditions de transport de routine et en conditions accidentelles de transport en tenant compte de l'ensemble des radionucléides susceptibles d'être présents dans les guides de grappe. En outre, le requérant devrait évaluer les conséquences, en conditions accidentelles de transport, d'un déplacement dans la cavité de la part labile de l'activité du contenu. De même, il devrait démontrer que l'intensité maximale de rayonnement à la surface externe du colis n'augmente pas de plus de 20 % à la suite des épreuves simulant des conditions normales de transport. Concernant ce dernier point, l'IRSN considère que, dans le cadre de transports en utilisation exclusive, les risques de dépassement de cette limite de 20 % ne remettraient pas en cause la protection contre les rayonnements ionisants si des précautions opérationnelles étaient définies et mises en œuvre.

#### Utilisation du colis

L'IRSN considère que le critère de remontée de pression après séchage de la cavité retenu par le requérant devrait être de l'ordre de 1 mbar en 30 minutes, au lieu de 2 mbar en 10 minutes comme proposé par le requérant, et devrait tenir compte de toutes les incertitudes liées aux équipements utilisés. En outre, le procédé de séchage devrait être qualifié avant le premier transport sur la base d'un essai en tenant compte d'un contenu représentatif en termes de géométrie et de zones potentielles de rétention d'eau. La procédure d'essai correspondante devrait être soumise à l'ASN au préalable et devrait notamment reposer sur la présence initiale d'eau dans toutes les zones de rétention potentielles de l'emballage et de son contenu. L'efficacité du séchage devrait être contrôlée par un test adapté afin de vérifier l'absence d'eau dans chacune des zones de rétention.

En outre, la notice d'utilisation devrait être complétée afin, d'une part, de préciser les tolérances sur les couples de serrage des vis et de spécifier un graissage sous tête de vis, d'autre part, de mentionner explicitement la réalisation des contrôles de débit d'équivalent de dose et de contamination surfacique avant l'expédition du colis.

#### Conclusion

En conclusion, au vu des justifications de sûreté présentées par la société ROBATEL Industries, l'IRSN considère qu'il subsiste des incertitudes quant à l'étanchéité de l'enveloppe de confinement du modèle de colis R 75 chargé de guides de grappe irradiants et contaminés en cas de chute d'une hauteur de 9 mètres du colis en position verticale ou inclinée et lors d'un incendie simulant les conditions accidentelles de transport. Néanmoins, sous réserve de la démonstration de la limitation de l'impact des incertitudes sur les spectres d'activité des radionucléides présents, l'IRSN considère que,

au regard des marges importantes disponibles vis-à-vis des critères réglementaires de relâchement d'activité, ces configurations accidentelles ne sont pas de nature à conduire à un relâchement d'activité de plus de 1 A<sub>2</sub> en une semaine.

En outre, afin d'assurer la conformité du modèle de colis aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U), le requérant devrait apporter, avant la réalisation du premier transport, une réponse aux recommandations figurant en annexe 1 et intégrer au projet de certificat d'agrément les modifications figurant en annexe 2.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations identifiées en annexes 3 et 4.

Pour le Directeur général, par ordre,  
Gilles SERT,  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe [1] à l'avis IRSN N° 2014-411 du 17 novembre 2014

**Justifications à apporter avant la réalisation du premier transport**

1 Définition des contenus

- 1.1 Démontrer que les activités des radionucléides décrits dans l'inventaire radiologique des contenus sont enveloppés pour les guides de grappe des différents CNPE expéditeurs.
- 1.2 Démontrer que l'activité des radionucléides omis a un impact négligeable en termes de relâchement d'activité sous forme d'aérosols et de gaz.

2 Procédé de séchage de la cavité

- 2.1 Modifier le procédé de séchage de la cavité du colis en intégrant un critère de remontée de pression de 1 mbar en 30 minutes en tenant compte de toutes les incertitudes des équipements utilisés.
- 2.2 Qualifier le procédé de séchage avant le premier transport sur la base d'un essai reposant sur une simulation appropriée de toutes les zones de rétention potentielles d'eau dans la cavité du colis et son contenu et leur mouillage préalable. Effectuer lors de cette qualification un contrôle de l'efficacité du séchage par un test adapté afin de vérifier l'absence d'eau sur les parois et dans toutes les zones de rétention simulées.

3 Procédure de serrage des vis

- 3.1 Compléter les consignes de serrage des vis de fixation du couvercle, des tapes d'orifice et des capots amortisseurs afin de préciser les tolérances sur les couples de serrage et mentionner un graissage sous les têtes de vis.

4 Contrôles radiologiques

- 4.1 Préciser explicitement la réalisation des contrôles de débit d'équivalent de dose et de contamination surfacique avant l'expédition du colis.
- 4.2 Définir les précautions opérationnelles à mettre en œuvre pour limiter les risques liés à l'augmentation éventuelle des débits d'équivalent de dose en cours de transport induite par le déplacement de la contamination non-fixée des guides de grappe.

Annexe [2] à l'avis IRSN N° 2014-411 du 17 novembre 2014

Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat d'agrément transmis par le requérant

Page de garde

Ajout des références suivantes :

[Vu le dossier de sûreté R75 ANS 001 Rév. A] et les notes R75 ANS 131 Rév. B, R75 ANS 121 Rév. B et R75 ANS 061 Rév. B <sup>1</sup>,

Annexe 0, § 2, Mesures que l'expéditeur doit prendre avant l'expédition du colis

Remplacement de l'indice des consignes d'exploitation :

L'emballage doit être utilisé suivant des procédures conformes aux consignes d'exploitation (R75 ANS 061 Rév. B <sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Indice de révision à réactualiser en fonction des modifications qui seront apportées en réponse aux recommandations de l'annexe 1.

Annexe [3] à l'avis IRSN N° 2014-411 du 17 novembre 2014

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

1 Tenue mécanique

- 1.1 Démontrer la tenue mécanique des différents composants du modèle de colis lors du levage « à l'arraché » et en cas de dépose brutale du colis. Dans ce cadre, justifier la valeur des accélérations maximales retenues.
- 1.2 Confirmer la tenue mécanique de la virole externe de l'emballage lors d'une chute de 9 mètres avec impact sur le châssis.
- 1.3 Justifier la fréquence de filtrage des signaux accélérométriques sur la base d'une analyse modale. A cet égard, confirmer que la fréquence de coupure retenue pour les essais de chute est supérieure au premier mode de flexion et d'ovalisation de l'emballage.
- 1.4 Réviser les calculs effectués pour évaluer le comportement du modèle de colis R 75 dans les conditions des épreuves réglementaires de chute lorsque le colis est équipé de capots amortisseurs dont les blocs de balsa ont une densité de 0,25, à une température de 70°C, en retenant, d'une part, une loi de comportement qui soit pénalisante vis-à-vis de la dispersion des propriétés mécaniques des blocs de balsa et, d'autre part, les facteurs correctifs sur l'accélération et l'écrasement préconisés dans le dossier de qualification du code.
- 1.5 Evaluer le risque de plastification des vis de l'enveloppe de confinement lors d'une chute du colis en position inclinée.

2 Confinement

- 2.1 Déterminer les taux de fuite maximums admissibles en conditions normales et accidentelles de transport en tenant compte des températures maximales des joints et de l'air dans la cavité du colis calculées dans l'analyse thermique révisée.

3 Radioprotection

- 3.1 Démontrer que l'intensité maximale de rayonnement à la surface externe du colis n'augmente pas de plus de 20 % à la suite des épreuves simulant les conditions normales de transport.
- 3.2 Evaluer les conséquences d'un déplacement pénalisant de la part d'activité labile dans la cavité en conditions accidentelles de transport.

4 Utilisation du colis

- 4.1 Tenir compte des incertitudes de mesure liées au matériel utilisé et à la méthode employée pour la réalisation des tests d'étanchéité de l'enveloppe de confinement du colis.

**Annexe [4] à l'avis IRSN N° 2014-411 du 17 novembre 2014**

**Observations de l'IRSN relatives à la qualification du code de calcul SimCap**

- 1 Compléter les calculs effectués pour qualifier le code de calcul en tenant compte de la dispersion des propriétés mécaniques des essences de bois des spécimens utilisés.
- 2 Réaliser des essais d'écrasement avec des échantillons de balsa de densité comprise entre 0,25 et 0,28 à -40°C, à température ambiante et à 70°C.