

Fontenay-aux-Roses, le 3 avril 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-121

Objet : Transport - Prorogation d'agrément - Emballage COG-OP-30B chargé d'un cylindre 30B

Réf.

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-002649 du 25 janvier 2016
2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012
3. Norme ISO 7195 « Packaging of uranium hexafluoride for transport »
4. Norme ASTM International C996-10 « Standard Specification for Uranium Hexafluoride Enriched to Less Than 5 % ²³⁵U »

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 transmise par la société AREVA TN pour l'emballage COG-OP-30B.

Cette demande concerne le transport par voies terrestre, maritime et fluviale du modèle de colis COG-OP-30B chargé d'un cylindre 30B contenant de l'hexafluorure d'uranium (UF₆) provenant d'uranium naturel (UNE) ou issu du traitement de combustibles irradiés (URE). La teneur en isotope 235 de l'uranium est au plus de 5 %.

Le transport de ce modèle de colis sur la voie publique, en tant que colis industriel de type 2 (IP-2), colis de type A ou colis de type B(U) pour matière fissile, est actuellement autorisé jusqu'au 31 mai 2017.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en deuxième référence. De cette expertise, il ressort les points importants suivants.

1 DESCRIPTION DU COLIS

La société AREVA TN n'a pas modifié le concept de l'emballage COG-OP-30B dans le cadre de la présente demande de prorogation d'agrément du modèle de colis.

L'emballage COG-OP-30B, dénommé ci-après coque de protection, délimite une cavité dans laquelle est chargé un cylindre 30B contenant de l'UF₆ cristallisé. Il est composé de deux demi-coques, fixées l'une à l'autre par des grenouillères. Chaque demi-coque est composée de tôles

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

en acier inoxydable qui délimitent des espaces remplis de blocs de mousse et de bois. Les grenouillères sont composées de parties fixes, soudées sur des zones renforcées de la surface externe des demi-coques, et d'une partie mobile incluant un axe amovible assurant le verrouillage du système. Des bandes en matériau élastomère, de quelques millimètres, sur lesquels s'appuie le cylindre 30B sont disposées à l'intérieur des demi-coques.

Le cylindre 30B, en acier, est équipé d'une vanne de remplissage/vidange et d'un bouchon, utilisé lors des opérations de maintenance. La conception, l'utilisation et la maintenance des cylindres 30B sont définies par la norme citée en troisième référence. Le cylindre 30B transporté peut être :

- plein, c'est-à-dire contenant une masse d'UF₆ pouvant atteindre 2 277 kg ;
- vide, c'est-à-dire contenant au maximum 11,34 kg de résidus d'UF₆ dénommés « pieds de cuve ».

La caractérisation retenue pour l'UF₆ transporté repose sur les concentrations de radioéléments présentées dans la norme citée en quatrième référence.

Les démonstrations de sûreté de la coque visent à démontrer le maintien de l'étanchéité du cylindre 30B, dans toutes les situations de transport. Cette étanchéité participe en effet à la maîtrise des risques de dispersion de la matière mais aussi de criticité, en limitant les entrées d'eau potentielles. Ainsi, les points les plus sensibles sont la vanne et le bouchon du cylindre, qui peuvent être dégradés en cas de choc ou d'élévation de température importante.

2 COMPOTEMENT MECANIQUE DU COLIS

En liminaire, le requérant a effectué des analyses visant à évaluer l'influence du châssis de transport utilisé pour l'arrimage de l'emballage sur la sûreté du colis. Ces analyses prennent en compte le positionnement de l'emballage sur le châssis et certaines caractéristiques pour les matériaux de la coque. **L'IRSN estime que ces hypothèses doivent être garanties.** Ces points font l'objet des observations 1.B.a et 1.B.b de l'annexe 2 au présent avis.

Par ailleurs, le requérant a comparé sur une partie des châssis utilisés, les caractéristiques réelles de leur matériaux avec celles considérées dans les études. Cela l'a conduit à mettre à l'arrêt un nombre très limité de châssis. Nonobstant, l'IRSN estime que le requérant, à défaut d'analyse complémentaire, devrait poursuivre ces contrôles. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3.D présentée en annexe 1 au présent avis.**

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis à l'issue des épreuves de chutes réglementaires représentatives des conditions normales et accidentelles de transport repose, d'une part sur des essais à température ambiante réalisés avec deux prototypes représentatifs du colis à l'échelle réelle, d'autre part sur des calculs analytiques visant, entre autres, à évaluer le comportement du colis sur la plage de températures réglementaire.

2.1 Essais de chute

Le lest utilisé lors des essais de chute, réalisés en 1997, pour simuler le comportement de l'UF₆ était composé d'un mélange de grenaille d'acier et de paraffine. A cet égard, pour l'IRSN, la présence de paraffine au droit de la vanne du cylindre 30B ne peut pas être écartée. Aussi, suite aux chutes et à l'impact du lest sur la vanne, de la paraffine a pu se déposer sur des surfaces au niveau de cette vanne et colmater un éventuel chemin de fuite. Un tel phénomène conduirait à limiter les inétanchéités du cylindre à l'issue des épreuves.

À cet égard, l'IRSN estime que la présence de débris, résultant de la fracturation de la partie supérieure du bloc d'UF₆ cristallisé dans le cylindre 30B, pourrait entraîner un impact sur les composants de la vanne susceptible de mettre en cause son étanchéité. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3.C présentée en annexe 1 au présent avis.**

Plus globalement, l'IRSN considère que la simulation du comportement du bloc d'UF₆ cristallisé dans les cylindres est une problématique complexe, notamment concernant la formation de débris en partie supérieure leur influence sur le comportement de la vanne du cylindre lors des épreuves. **Dans ce contexte, l'IRSN considère qu'une réflexion globale sur le renforcement de ces vannes devrait être engagée.**

Par ailleurs, les prototypes utilisés lors des essais présentent quelques différences avec le concept aujourd'hui utilisé pour les coques, au niveau du système de fermeture, et toutes les caractéristiques de leurs matériaux (blocs de mousse en particulier) ne sont pas précisées. **Ces points font l'objet de la recommandation n° 3.A présentée en annexe 1 du présent avis.**

Les mesures réalisées à l'issue des essais de chute ont conclu à l'absence d'évolution de l'étanchéité du cylindre 30B. **Ceci est satisfaisant.**

Toutefois, à l'issue de l'une des séquences de chutes, il a été observé un impact du bouchon sur la surface interne de la coque. Par ailleurs, à la suite d'une chute sur poinçon, la surface interne de la coque au niveau de la vanne du cylindre a été déformée, sans que cela conduise à un contact entre cette surface et la partie extérieur de la vanne.

2.2 Influence de la température sur le comportement mécanique du colis

En complément des essais de chute, effectués à température ambiante (15°C), le requérant évalue par calculs analytiques le comportement des matériaux amortisseurs (couronnes de bois) du colis lors des épreuves de chute représentatives des conditions accidentelles de transport, à -40°C et à la température maximale atteinte en conditions normales de transport. Dans ce cadre, il étudie l'impact du poinçonnement du colis en raisonnant sur le volume total des blocs de bois écrasés. L'IRSN considère que cette évaluation n'est pas enveloppe et que seul le volume de bois situé au droit du poinçon doit être considéré. En effet, la diminution de la surface sollicitée conduira localement à des taux d'écrasement des blocs de bois supérieurs. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.A présentée en annexe 1 au présent avis.**

Le requérant n'analyse pas l'influence de la température sur le comportement du colis, en dehors de l'analyse relative aux matériaux amortisseurs précités. Or, à l'issue de la chute sur poinçon du colis avec un impact au droit de la vanne (dans une zone où la coque est remplie de mousse), la tôle interne de la coque a été impactée. Aussi, l'IRSN estime que l'influence de la température devrait également être étudiée dans cette configuration de chute sur poinçon. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 3.B présentée en annexe 1 au présent avis.**

Lors des essais de chute, réalisés à la température ambiante, un impact du bouchon du cylindre sur la paroi interne de la coque a été relevé. Le requérant a évalué l'effort exercé sur ce bouchon, au regard des risques de perte d'étanchéité, uniquement à la température ambiante. Toutefois, cet effort augmentera de manière significative si la température maximale atteinte en conditions normale de transport est considérée pour l'ensemble de la séquence de chute (chutes libres et sur poinçon), compte tenu de l'évolution des propriétés d'écrasement du bois en température notamment. **L'IRSN estime donc que l'exploitant doit compléter son analyse sur ce point. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1.C présentée en annexe 1 au présent avis.**

Pour justifier le maintien de l'absence de contact de la vanne du cylindre 30B avec la surface intérieure de la coque lors des chutes, pour la plage de température réglementaire, le requérant a déterminé le déplacement du cylindre 30B sous une accélération de 1 g. À partir d'une extrapolation linéaire de ces résultats, il déduit pour différentes inclinaisons du colis, l'accélération qui conduit à un contact de la vanne avec la surface interne de la coque de protection. Sur la base des accélérations du colis déterminées pour les configurations accidentelles sur la plage de températures réglementaire, le requérant conclut que tout contact de la vanne est exclu. À cet égard, l'IRSN estime l'approche retenue inexacte du fait qu'elle postule un comportement linéaire des composants métalliques sans distinction de leur domaine de comportement élastique et plastique. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1.B présentée en annexe 1 au présent avis.**

3 COMPOTEMENT THERMIQUE DU COLIS

L'étude du comportement thermique du modèle de colis repose, d'une part sur les mesures réalisées lors de l'essai d'incendie (feu de 800°C pendant 30 minutes) effectué avec un prototype ayant au préalable subi les épreuves de chute avec impact côté vanne du cylindre 30B, d'autre part sur des calculs complémentaires. Cette étude montre que les températures maximales atteintes par le cylindre 30B en conditions accidentelles de transport ne mettent pas en cause son étanchéité.

À cet égard, les remarques de l'IRSN relatives à l'analyse du comportement mécanique du colis à l'issue des chutes sur poinçon, présentées au chapitre 2 du présent avis, pourraient conduire à une augmentation des températures de la vanne et du bouchon du cylindre déterminées en conditions accidentelles de transport, du fait de la mise en contact potentielle de la vanne ou du bouchon avec la paroi interne de la coque. L'IRSN considère que le requérant devrait étudier les conséquences d'un tel contact. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2.A présentée en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, le requérant évalue le comportement thermique du cylindre en conditions accidentelles de transport, en considérant ce dernier centré radialement dans la cavité de la coque compte tenu de la présence des bandes sur lesquelles il repose. **L'IRSN estime que cette hypothèse, de nature à minimiser les transferts thermiques entre la coque et le cylindre, n'est pas justifiée, la tenue de ces bandes lors de l'épreuve d'incendie n'étant pas démontrée.** Par ailleurs, la présence de ces bandes induit des transferts thermiques par conduction qu'il convient de prendre en compte. Ces points font l'objet de la recommandation n° 2.B présentée en annexe 1.

Enfin, l'IRSN estime que le requérant devrait consolider son analyse du comportement thermique du modèle de colis en conditions accidentelles de transport en tenant compte des observations n° 2.A et 2.B présentées en annexe 2.

4 UTILISATION ET MAINTENANCE

4.1 Utilisation

Le dispositif de verrouillage de la surcoque ne fait pas l'objet de contrôle particulier avant expédition du colis. Un défaut de fonctionnement de ce dispositif pourrait modifier le comportement mécanique et thermique du modèle de colis. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4.B présentée en annexe 1 du présent avis.**

4.2 Maintenance

Dans le cadre de cette demande de prorogation d'agrément, le requérant a défini des défauts admissibles sur la surface externe de la coque de protection COG-OP-30B, en spécifiant leurs dimensions maximales admissibles et leur localisation. Ceci n'appelle pas de remarque.

4.3 Retour d'expérience acquis à l'issue des opérations d'exploitation et de maintenance du colis

La société AREVA TN a transmis le retour d'expérience acquis à l'issue des opérations d'exploitation et de maintenance des coques COG-OP-30B lors des 5 dernières années. Globalement ce retour d'expérience n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Toutefois, l'IRSN estime que l'exploitant devra approfondir son analyse des quelques cas où des actions ont dû être réalisé. Ceci fait l'objet des observations n° 5.A à 5.C présentées en annexe 1 au présent avis.

5 CONCLUSION

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société AREVA TN et des résultats des études réalisées, l'IRSN considère que le modèle de colis en objet, tel que défini dans les projets de certificat modifiés par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type industriel, A ou B, pour matières fissiles. Toutefois, pour conforter un certain nombre de résultats, le requérant devra prendre en compte les recommandations présentées en annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, les modifications proposées par l'IRSN au projet de certificat sont présentées en annexe 3 au présent avis.

Enfin, l'IRSN considère que le requérant devrait, dans le cadre de la prochaine demande d'agrément du modèle de colis COG-OP-30B, tenir compte des observations présentées en annexe 2 au présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2017 00121 du 3 avril 2017

Recommandations

Avant la prochaine demande de prorogation.

1. Comportement mécanique du colis sur la plage de températures réglementaire
 - A. Évaluer le taux d'écrasement des blocs de bois impactés lors des chutes sur poinçon, en considérant uniquement le volume de bois situé au droit du poinçon.
 - B. Démontrer l'absence de contact entre la vanne du cylindre 30B et la surface interne de la surcoque, dans les configurations de chute libre, d'une hauteur de 9 m, du colis en position inclinée, en considérant le comportement mécanique réel des composants métalliques (domaines élastique et plastique).
 - C. Démontrer le maintien de l'étanchéité du cylindre 30B en condition accidentelle de transport (incluant des chutes sur poinçon), en tenant compte de la température maximale atteinte en conditions normales de transport. Dans le cas où les justifications reposeraient sur des calculs, démontrer expérimentalement que l'effort calculé sur le bouchon n'est pas de nature à remettre en cause son étanchéité.
2. Comportement thermique du colis
 - A. Évaluer la température maximale de la vanne et du bouchon du cylindre 30B en conditions accidentelles de transport en considérant, d'une part un contact entre le bouchon ou la vanne et la surface interne de la coque, dans l'attente des compléments de justification relatifs au comportement mécanique du colis, d'autre part les endommagements de la coque de protection au droit de ces éléments du cylindre.
 - B. A défaut de la justification du comportement des bandes en matériau élastomère, évaluer le comportement thermique du colis en conditions accidentelles de transport en considérant le cylindre 30B en contact avec la coque de protection.

Dans le cadre de la prochaine demande de prorogation.

3. Comportement mécanique du colis
 - A. Justifier la représentativité des dispositifs de fermeture des prototypes utilisés lors des essais (propriétés mécaniques minimales, géométrie des grenouillères...) et des blocs de mousse présents dans leur structure (propriétés mécaniques minimales...), notamment au niveau de leurs extrémités.
 - B. Évaluer le comportement du colis à la température maximale atteinte en conditions normales de transport, dans la configuration de chute sur poinçon avec un impact au niveau des blocs de mousse situés au droit de la vanne du cylindre 30B.
 - C. Compléter les démonstrations de représentativité du lest, en tenant compte notamment de la présence dans le cylindre 30B de débris d'UF₆, issus de la fracturation de la croûte supérieure de l'UF₆ lors des chutes libres du colis.
 - D. Finaliser le contrôle des caractéristiques mécaniques des châssis de transport, au regard des valeurs considérées dans les études.
4. Utilisation
 - A. Limiter la vitesse de levage du colis afin de garantir l'absence de déformations plastiques des organes de levage.

B. Spécifier un contrôle de fermeture du dispositif de verrouillage de la surcoque, avant expédition, en indiquant le critère opérationnel à vérifier (couple de serrage des manchons ...).

5. Maintenance

A. Inclure un contrôle des ceintures externes de la coque de protection lors des opérations de maintenance du colis afin de vérifier l'absence d'endommagement de leurs soudures.

B. Mettre en place un contrôle des dispositifs de fermeture de la surcoque, en définissant les paramètres examinés et les critères permettant de garantir leur conformité.

C. Réaliser un test d'étanchéité des bouchons fusibles situés sur la surface externe du colis.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2017 00121 du 3 avril 2017

Observations

1. Comportement mécanique du colis
 - A. Conditions de transport de routine
 - a. Évaluer la tenue mécanique du colis en conditions de transport de routine en tenant compte des efforts de serrage des sangles utilisées pour maintenir le colis sur le berceau.
 - b. Compléter les études de tenue au gerbage afin de démontrer l'intégrité de la soudure de liaison entre les tôles des supports et la surface externe de la coque.
 - c. Démontrer la tenue à la fatigue des soudures entre les ceintures et la surface externe de la coque.
 - B. Impact du châssis
 - a. Justifier l'hypothèse considérant un alignement entre les berceaux supports du châssis et la tôle de séparation entre les blocs de bois et de mousse présents dans la structure de la coque
 - b. Spécifier les taux d'écrasement des blocs de bois ainsi que celui de la mousse déterminés par calculs.
2. Comportement thermique du colis
 - A. Prendre en compte la poursuite de la combustion des blocs de bois présents dans la structure de l'emballage à l'issue de l'épreuve d'incendie dans l'évaluation des températures maximales du cylindre 30B.
 - B. Réviser les démonstrations afin de considérer, dans la zone poinçonnée de la coque, des échanges par convection forcée. En l'absence de justification, le coefficient retenu devrait être égal à $10 \text{ W/m}^2/\text{K}$.
3. Sûreté-criticité

Formaliser la justification de la qualification des schémas de calculs utilisés.
4. Utilisation du colis

Spécifier les dispositions opérationnelles garantissant, lors du positionnement de la coque sur son berceau, l'alignement entre les goussets et les surfaces d'appui du berceau.
5. Retour d'expérience acquis lors de l'exploitation et la maintenance
 - A. Approfondir l'analyse des causes ayant conduit à des enfoncements récurrents des coques de protection.
 - B. Rechercher l'origine des écarts de masse relevés sur 2 coques.
 - C. Rechercher les causes des défauts relevés sur les composants de fermeture de la coque de protection et les bouchons fusibles qui ont conduit, pour certains emballages, à un remplacement de l'intégralité de ces composants.
6. Assurance de la qualité

Mettre à jour le dossier de sûreté afin d'y intégrer les dispositions prises, pour informer les clients ou partenaires concernés directement ou indirectement par l'utilisation ou la maintenance des emballages, des exigences de sûreté relatives à ces activités décrites dans le dossier de sûreté et à leur actualisation.

Annexe 3 à l'Avis IRSN/2017 00121 du 3 avril 2017
Modifications apportées par l'IRSN aux projets de certificat

1. Annexe 0 - Mesures que l'expéditeur doit prendre avant l'expédition du colis
 - A. Ajout de :
 - « Le levage du colis muni de son châssis à l'aide de ses élingues de manutention et le levage du colis à l'aide des supports de gerbage sont interdits.
 - Les manilles fixées sur la génératrice supérieure de la coque sont rendues inopérantes lors des transports. ».
2. Annexes 3, 7, 11- Résidus d'hexafluorure d'uranium (UF₆)
 - A. Suppression de :
 - « Pureté minimale de l'UF₆ transporté : 99,5 % ; ».