

Fontenay-aux-Roses, le 4 novembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00346

Objet : Transport - Prorogation - Emballage MX8 chargé de 8 assemblages combustibles neufs MOX de type REP

Réf.

1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2016-003301 du 26 janvier 2016.**
2. Règlement de transport de l'AIEA, N° SSR-6, 2012.
3. Norme NF E25-030, août 2014.

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 la société AREVA TN, ci-après dénommée le requérant, pour le modèle de colis MX8, en tant que colis de type B(M) pour matières fissiles.

Cette demande concerne le transport, par voie routière, d'assemblages combustibles neufs constitués d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX), entre l'usine MELOX et les réacteurs à eau pressurisée (REP) du parc électronucléaire français. Dans le cadre de la présente demande de prorogation d'agrément, le requérant a modifié le modèle de colis défini dans les certificats d'agrément en vigueur comme précisé ci-après :

- modification de la nuance des joints internes et des dimensions des gorges internes et externes des tapes de fermeture des orifices du couvercle, afin d'exclure les risques d'extrusion de ces joints dans toutes les conditions de transport ;
- diminution de 7 % de la puissance thermique maximale autorisée pour le contenu ;
- suppression de la possibilité de remplir la cavité de l'emballage avec de l'hélium.

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

Pour rappel, le certificat du modèle de colis MX8 est de type multilatéral (B(M)) du fait de la limitation de la température minimale ambiante à -27°C pour les transports. Cette restriction est liée aux caractéristiques de certains joints d'étanchéité équipant des composants de l'enveloppe de confinement du colis.

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 ci-après.

Comportement mécanique du colis

Manutention et arrimage

La manutention du colis est réalisée à l'aide de deux paires de tourillons, fixées à l'avant et à l'arrière du corps de l'emballage par des vis lubrifiées. La tenue mécanique des tourillons a été étudiée analytiquement, en considérant un levage « à l'arraché » et l'hyperstaticité du système d'appui du colis.

Concernant la tenue mécanique des vis de fixation des tourillons, le requérant a retenu un coefficient de frottement issu de la norme citée en troisième référence. Toutefois, cette norme indique des valeurs de coefficients de frottement à titre indicatif et recommande de les mesurer dans les conditions réelles de mise en œuvre. A cet égard, pour certains types de lubrification, les coefficients de frottement peuvent être inférieurs à ceux retenus par le requérant. Ceci pourrait conduire au dépassement de la limite d'élasticité des vis de fixation des tourillons.

Par conséquent, l'IRSN estime que le requérant devrait déterminer, à partir de mesures expérimentales dédiées, les valeurs de coefficients de frottement à retenir au regard de l'état de surface, du revêtement, de la taille et la lubrification des vis de fixation des tourillons. Ce point fait l'objet de la recommandation 2 en annexe 1 du présent avis. Dans l'attente, le requérant a indiqué qu'il interdira l'utilisation de graisse susceptible d'engendrer un coefficient de frottement inférieur à 0,1. Ceci sera précisé dans le dossier de sûreté lors de sa prochaine mise à jour. En outre, l'IRSN estime que ce point devra être introduit dans le projet de certificat d'agrément.

Le colis MX8 est transporté en position horizontale sur un berceau de transport solidaire du moyen de transport. La démonstration de la tenue mécanique des organes d'arrimage est réalisée en tenant compte des valeurs d'accélération préconisées dans le guide No. SSG-26 de l'AIEA pour le transport routier. Cette démonstration n'appelle pas de remarque de l'IRSN, hormis le fait qu'elle considère une configuration particulière pour l'ensemble (embase, oreille de verrouillage) qui devra être précisée dans le dossier de sûreté. Ceci fait l'objet des observations 2.1 et 5 de l'annexe 3 au présent avis.

Tenue mécanique des éléments vissés du colis

Lors de l'instruction, le requérant a justifié la tenue des éléments vissés du modèle de colis (de fixation du couvercle, des tapes d'orifice et des capots) en conditions de transport de routine. L'IRSN estime que cette justification aurait dû être présentée dans le dossier de sûreté. Ce point fait l'objet de l'observation 1 en annexe 3 du présent avis.

Par ailleurs, comme pour les vis de fixation des tourillons, l'analyse du requérant considère les valeurs de coefficient de frottement proposées par la norme citée en troisième référence. L'IRSN estime, comme indiqué ci-avant, que les valeurs de coefficient de frottement retenues devraient être justifiées à partir de mesures expérimentales dédiées. Pour ces éléments de visserie, une limitation relative aux graisses de lubrification a également été ajoutée au projet de certificat.

Conditions normales et accidentelles de transport

Le comportement mécanique du modèle de colis MX8 à l'issue des épreuves réglementaires de chutes est analysé sur la base d'une campagne d'essais de chute à température ambiante complétée par des études prenant en compte la dispersion des caractéristiques mécaniques du bois des capots et la plage de température réglementaire.

Les essais de chute ont été réalisés avec une maquette représentative de l'emballage et du panier. Les viroles interne et externe du corps de la maquette ont subi des déformations plastiques lors d'une chute oblique du colis sur poinçon avec impact sur le corps. Aussi, afin de garantir le caractère enveloppe des endommagements relevés, le requérant spécifiera dans la prochaine mise à jour du dossier de sûreté que le produit entre la résistance à la rupture et l'allongement à la rupture des viroles interne et externe du corps de l'emballage doit être au moins égal à celui mesuré pour la maquette d'essais. Dans l'attente, l'IRSN estime que ce point devra être intégré dans le projet de certificat d'agrément.

Le requérant a étudié, par calcul numérique, le comportement mécanique du colis lors d'une chute libre représentative des conditions accidentelles de transport, en considérant le colis en position oblique avec impact sur le capot de tête ou de fond. Cette étude conclut à la tenue mécanique des composants du modèle de colis. Toutefois, selon cette étude, des niveaux d'écrasement des blocs de balsa sont supérieurs au seuil de consolidation de ce matériau, voir localement supérieurs au point de compaction maximale de la cellulose. L'IRSN considère que le comportement du bois n'est pas défini avec précision au-delà du point de compaction maximale de la cellulose, en particulier lors de chocs dynamiques. En effet, les fibres du bois peuvent se désolidariser, le bois chasser et ne plus absorber d'énergie. Aussi, l'IRSN estime que le requérant doit, dans l'étude de la chute oblique du colis avec impact sur le capot, approfondir l'analyse relative au comportement des blocs de bois. Ceci fait l'objet de l'observation 3 en annexe 3 du présent avis.

Le requérant a transmis le bilan des jeux axiaux dans la cavité de l'emballage (entre, d'une part le panier et les assemblages combustibles, d'autre part les composants de l'emballage). A cet égard, il considère que le couvercle de l'enveloppe de confinement n'est pas sensible aux phénomènes d'impact différé compte tenu du jeu limité entre le système de fermeture de l'emballage et le panier (au plus environ 20 mm). L'IRSN relève, d'une part la présence d'un système de bridage axial des assemblages combustibles, d'autre part que les jeux minimaux sont faibles et ne peuvent être réduits. Par ailleurs, un éventuel impact décalé du panier se ferait sur la plaque dite alvéolaire et non directement sur le couvercle de l'enveloppe de confinement, ce qui est de nature à limiter ses conséquences. L'IRSN estime que, dans le cadre d'une prochaine demande d'agrément, ce point devrait être confirmé par une étude de l'impact différé du panier. Ce point fait l'objet de la recommandation 3 en annexe 1 du présent avis.

Comportement thermique du colis

L'étude du comportement thermique du modèle de colis dans toutes les conditions de transport a été révisée dans le cadre de la présente demande d'agrément afin notamment de prendre en compte la nouvelle puissance thermique considérée par assemblage et la suppression de la possibilité de remplir la cavité de l'emballage avec de l'hélium. Ainsi, seule la configuration de transport avec la cavité du colis remplie en air est désormais autorisée.

L'étude du requérant conclut que la température maximale d'utilisation des joints d'étanchéité est respectée dans toutes les conditions de transport.

A cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter cette étude par l'analyse de l'influence de l'orientation du colis lors de la phase de refroidissement, à l'issue des 30 minutes de feu. Ce point fait l'objet de la recommandation 4.1 en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, le requérant n'analyse pas les conséquences, sur la température des joints du modèle de colis, de la poursuite de la combustion des blocs de bois des capots amortisseurs à l'issue des 30 minutes de feu. Il estime, sans justification particulière, que les hypothèses d'endommagement du capot prises en compte couvrent le phénomène de poursuite de la combustion du bois.

L'IRSN considère cette réponse qualitative insuffisante et estime que le requérant devrait réaliser une analyse quantitative de ce phénomène, compte tenu, d'une part des marges limitées entre les températures maximales atteintes par les joints et celles maximales admissibles, d'autre part des taux de remplissage des gorges de joints évalués en conditions accidentelles de transport. Ce point fait l'objet de recommandation 4.2 en annexe 1 du présent avis. Nonobstant, l'IRSN relève que l'intégrité des gaines de crayons combustibles est démontrée en conditions accidentelles de transport, ce qui ménage des marges à l'égard des risques de dispersion de matières hors du colis.

Taux de remplissage maximal des gorges de joint

Selon le requérant, les taux de remplissage des gorges de joints usinées dans les composants de fermeture de la cavité interne du colis, ne dépassent pas 100 % dans toutes les conditions de transport. Pour déterminer ces taux, il considère les températures maximales des joints déterminées en conditions normale et accidentelles de transport, à l'exception des joints du couvercle pour lesquels celle moyenne maximale évaluée en conditions accidentelles de transport est retenue.

À cet égard, la prise en compte de la température maximale des joints du couvercle en conditions accidentelles de transport ne permet pas d'exclure le risque d'extrusion de ces joints. Compte tenu de la longueur importante des joints de couvercle et du caractère local du point chaud obtenu en conditions accidentelles de transport, le requérant considère que la température moyenne maximale est plus représentative du comportement des joints du couvercle. Selon l'IRSN, cette approche, qui suppose notamment une capacité du joint de se déplacer par rapport à sa portée, devrait être confirmée à partir de mesures expérimentales. À défaut, l'IRSN estime que le requérant devrait garantir un taux de remplissage des gorges des joints interne et externe du couvercle inférieur à 100 % à la température maximale atteinte en conditions accidentelles de transport, le cas échéant en redimensionnant les gorges susmentionnées. Ce point fait l'objet de la recommandation 5 en annexe 1 du présent avis.

Radioprotection et sûreté-criticité

Les études réalisées pour justifier du respect des critères réglementaires d'intensité maximale de rayonnement au contact et au voisinage du colis n'appellent pas de remarque de l'IRSN. Pour rappel, les transports du modèle de colis MX8 sont réalisés sous utilisation exclusive.

L'étude de criticité, mise à jour dans le cadre de la présente demande de prorogation, n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.

Utilisation

Lors de l'instruction, le requérant a indiqué qu'il précisera dans la prochaine mise à jour du chapitre du dossier de sûreté relatif aux instructions d'utilisation des colis les éléments suivants :

- dans le cas de la manutention horizontale du colis avec des élingues, l'inclinaison entre chacun des brins d'élingues et la verticale ne doit pas dépasser 45° ;
- l'utilisation de graisse dont le coefficient de frottement est inférieur à 0,1 n'est pas autorisée pour la lubrification des éléments vissés du modèle de colis ;
- l'extrémité supérieure de la surface d'appui des boîtiers de retenue du berceau se situe au-dessus de l'extrémité supérieure du trou oblong des oreilles de verrouillage.

L'IRSN considère que ces précisions assurent le conservatisme des hypothèses retenues dans les analyses de sûreté. Dans l'attente de cette mise à jour, les points précités ont été intégrés dans le projet de certificat d'agrément.

Des défauts concernant les soupapes de dégazage de la résine ont été détectés lors des opérations d'exploitation et d'entretien des colis. L'IRSN estime que des contrôles visant à vérifier l'état de ces soupapes devraient être réalisés préalablement aux opérations d'expédition et lors des opérations de maintenance. Ces points ont été précisés dans le projet de certificat.

Enfin, les opérations de déchargement des assemblages combustibles peuvent être réalisées sous eau. À cet égard, le dossier de sûreté spécifie un séchage des cavités de l'emballage et du panier à l'issue de chaque déchargement en piscine par tirage au vide, jusqu'à 6 mbar. La qualité du séchage doit ensuite être contrôlée par un test de remontée de pression. L'IRSN estime que le requérant devrait présenter la démarche de qualification du procédé de séchage des cavités de l'emballage et du panier. À cet égard, la présence d'eau résiduelle dans la cavité des emballages détectée dans quatre cas en exploitation renforce la nécessité de justifier l'efficacité des opérations de séchage. En effet, la présence d'eau résiduelle dans la cavité du colis n'a pas été prise en compte dans les démonstrations de sûreté (à l'exception de l'étude de criticité). Ce point fait l'objet de la recommandation 6.2 en annexe 1 du présent avis.

Maintenance

Lors de l'instruction, le requérant a indiqué qu'il intégrera, lors des opérations de maintenance du colis réalisées tous 8 ans ou 80 cycles, une inspection des systèmes de fixation des plaques borées sur les parois des logements du panier et du système de bridage latéral des assemblages combustibles.

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

Le requérant a transmis le retour d'expérience acquis lors des opérations d'exploitation et de maintenance des colis MX8 sur la période 2011 à 2014.

Durant cette période, il a été constaté des défauts d'étanchéité des enveloppes métalliques des capots de 4 exemplaires d'emballage. Ces défauts concernaient, entre autre, une défaillance des soudures des pastilles et des bouchons fusibles équipant les surfaces externes des capots. Le requérant a procédé à la réparation des soudures affectées et au renforcement de la soudure de fixation des bouchons fusibles. Par ailleurs, les contrôles d'hygrométrie réalisés à l'issue de ces réparations ont permis de confirmer la conformité du bois des capots affectés aux spécifications du modèle de colis.

Par ailleurs, l'IRSN estime, au regard du nombre de défauts détectés, que les contrôles d'étanchéité des enveloppes métalliques des capots devraient être renforcés, au moins temporairement. Aussi, le programme d'entretien périodique des colis devrait être mis à jour afin d'intégrer un contrôle de l'étanchéité des capots tous les 20 cycles ou 4 ans. Dans l'attente de cette mise à jour, ce point a été précisé dans le projet de certificat. Enfin, le requérant devrait compléter la définition du modèle de colis en tenant compte de la recommandation 1 en annexe 1 du présent avis.

Par ailleurs, quatre cas d'écoulement d'eau provenant de l'espace inter-viroles ont été détectés en exploitation. Dans un cas, ce fait était dû à une fissure débouchante de la soudure située entre deux plats de l'enveloppe externe et le fond du corps. Le requérant a indiqué avoir procédé à la caractérisation du défaut et à la réparation de la soudure défaillante. L'IRSN estime par ailleurs que le requérant devrait décrire précisément la procédure de séchage de l'espace inter-viroles réalisée afin de justifier son efficacité.

Par ailleurs, le dossier de sûreté ne prévoit pas de contrôle (autre que visuel) des surfaces externes de l'emballage lors des opérations de maintenance périodiques. Au regard des écarts détectés, l'IRSN considère nécessaire de renforcer les contrôles d'étanchéité des soudures de l'enveloppe externe de l'emballage. Selon l'IRSN, l'ensemble des exemplaires d'emballages MX8 devrait faire l'objet de ce contrôle. Ce point fait l'objet de la recommandation 6.1 en annexe 1 et d'une proposition de modification du projet d'agrément.

Conclusion

En conclusion, compte tenu des justifications de sûreté présentées, l'IRSN considère que le modèle de colis en objet, tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(M) chargés de matières fissiles, sous réserve de prendre en compte de la recommandation numéro 6.1 figurant en annexe 1 du présent avis. Par ailleurs, dans le cadre d'une prochaine demande d'agrément, le requérant devrait prendre en compte les autres recommandations figurant en annexe 1 du présent avis. Les modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat sont rappelées en annexe 2.

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

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° 2016-00346 du 4 novembre 2016

Recommandations de l'IRSN

1 Définition du modèle de colis

Compléter la définition du modèle de colis dans le dossier de sûreté afin de :

- a. décrire complètement les pastilles et les bouchons fusibles (matériau, point de fusion, type de soudure des bouchons fusibles...) équipant l'enveloppe externe des capots de l'emballage. Justifier que la conception de ces dispositifs n'est pas de nature à conduire à une perte d'étanchéité des enveloppes externes des capots, au regard des défauts constatés sur ces composants lors des opérations de maintenance des colis ;
- b. spécifier les caractéristiques mécaniques des tampons et des sièges de tampon ;
- c. préciser le matériau constitutif des composants du système de bridage axial des assemblages combustibles.

2 Tenue mécanique des éléments vissés du modèle de colis

Présenter les mesures expérimentales justifiant le respect des valeurs de coefficient de frottement retenues dans les études de tenue mécanique des éléments vissés du modèle de colis, au regard de l'état de surface, du revêtement, de la taille et des conditions de lubrification des éléments vissés.

3 Impact différé

Évaluer les effets d'un impact différé du panier en tenant compte du jeu maximal entre le panier et la plaque alvéolaire.

4 Comportement thermique du modèle de colis

- 4.1 Étudier l'influence de l'orientation du colis lors de la phase de refroidissement à l'issue des 30 minutes de feu.
- 4.2 Évaluer l'impact de la poursuite de la combustion du bois des capots à la fin de l'épreuve thermique de feu sur les températures maximales des joints de l'enveloppe de confinement.

5 Confinement

Garantir un taux de remplissage des gorges des joints interne et externe du couvercle de l'enveloppe de confinement inférieur à 100 % à la température maximale atteinte en conditions accidentelles de transport, le cas échéant en redimensionnant les gorges susmentionnées.

6 Retour d'expérience d'exploitation et d'entretien

6.1 Réaliser, sur l'ensemble des exemplaires d'emballage MX8 en service, un contrôle adapté de l'étanchéité des zones indiquées ci-après :

- soudures longitudinales et circulaires situées entre les plats de l'enveloppe externe du corps ;
- soudures circulaires situées entre les plats de l'enveloppe externe et le fond du corps ;
- zone d'intersection entre les soudures susmentionnées.

Ce contrôle doit permettre d'identifier tout défaut existant qui n'aurait pas été détecté lors des contrôles réalisés à la réception des colis.

6.2 Présenter une démarche de qualification du procédé de séchage de la cavité de l'emballage chargé du panier en tenant compte des caractéristiques du matériel utilisé.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00346 du 4 novembre 2016

Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat transmis par le requérant
(les modifications qui n'ont pas été acceptées par le requérant sont indiquées en caractère gras)

Annexe relative à l'emballage

1 Définition de l'emballage - Corps (cf. § 1.1)

Ajout de la mention : « le produit entre la résistance à la rupture et l'allongement à la rupture ($R_m \times A$ %) des viroles interne et externe du corps de l'emballage est au moins égal à celui mesuré sur la maquette d'essais ».

2 Mesures que l'expéditeur doit prendre avant l'expédition du colis (cf. § 2)

Ajout de la mention suivante : « De plus, les points suivants doivent être respectés :

- dans le cas de la manutention horizontale du colis avec des élingues, l'inclinaison entre chacun des brins d'élingues et la verticale ne doit pas dépasser 45° ;
- l'utilisation de graisse dont le coefficient de frottement est inférieur à 0,1 n'est pas autorisée pour la lubrification des éléments vissés du modèle de colis ;
- l'extrémité supérieure de la surface d'appui des boîtiers de retenue du berceau se situe au-dessus de l'extrémité supérieure du trou oblong des oreilles de verrouillage ;
- l'absence de bouchon d'obturation sur les soupapes de dégazage équipant les capots et le corps de l'emballage est vérifiée préalablement à chaque expédition. »

3 Programme d'entretien (cf. § 3)

Ajout de la mention suivante : « De plus, les actions suivantes doivent être effectuées :

- un contrôle d'étanchéité des soudures des enveloppes métalliques des capots tous les 20 cycles ou 4 ans (critère : 1.10^{-4} Pa.m³.s⁻¹ SLR) ;
- une inspection des systèmes de fixation des plaques borées sur les parois des logements du panier et du système de bridage latéral tous les 80 cycles ou 8 ans ;
- un contrôle d'étanchéité des soudures de l'enveloppe externe du corps de l'emballage tous les 20 cycles ou 4 ans ;
- un contrôle du bon fonctionnement des soupapes de dégazage équipant les capots et le corps de l'emballage (soupapes en position fermée...) tous les 20 cycles ou 4 ans. »

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2016-00346 du 4 novembre 2016

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

1 Tenue mécanique les éléments vissés du modèle de colis en CTR

Intégrer dans le dossier de sûreté une étude de dimensionnement des éléments vissés du modèle de colis en considérant les sollicitations représentatives des conditions de transport de routine.

2 Tenue mécanique des organes d'arrimage

2.1 Mettre à jour l'étude de la tenue mécanique des organes d'arrimage afin de ne plus considérer la présence de soudure entre l'oreille de verrouillage et son embase, conformément au plan de concept du modèle de colis. A défaut, compléter l'étude numérique de la tenue mécanique des oreilles de verrouillage pour modéliser une liaison par soudure entre l'oreille de verrouillage et l'embase.

2.2 Mettre à jour l'étude en fatigue des organes d'arrimage du colis pour justifier que les accélérations mesurées sur le colis NTL8 restent applicables au colis MX8.

3 Modélisation du comportement du bois en CAT

Concernant le calcul du comportement mécanique du modèle de colis lors d'une chute libre de 9,3 m en position oblique avec impact sur le capot avant à la température maximale atteinte en CNT, réalisé en considérant un critère d'érosion pour le renfort et la cornière de positionnement du capot, préciser le volume de bois écrasé au-delà du point de compaction maximale de la cellulose. Le cas échéant,

- a. transmettre tous les éléments d'information relatifs aux essais effectués, aux résultats obtenus et au modèle de loi de comportement recommandé en tenant compte de la dispersion des résultats obtenus ;
- b. confirmer l'absence de la zone de décohésion des blocs de bois à l'issue des épreuves de chute libre de la maquette ;
- c. prendre en compte la variation de la masse volumique de la cellulose pour évaluer avec précision une contrainte d'écrasement justifiée pour des taux d'écrasement élevés.

4 Analyse modale du colis

Mettre à jour l'analyse modale du modèle de colis afin de prendre en compte les configurations de chute du colis en positions axiale et inclinée. De plus, préciser la masse participante associée aux différents modes propres du panier. Les démonstrations du dossier de sûreté devront, le cas échéant, être révisées afin de déterminer les accélérations maximales du colis.

5 Programme de maintenance

Mettre à jour le chapitre du dossier de sûreté relatif aux maintenances périodiques afin de ne plus faire mention à une soudure située entre l'oreille de verrouillage et l'embase, conformément au plan de concept du modèle de colis.