

Fontenay-aux-Roses, le 12 mars 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-00062

Objet : Transport - Prorogation - Emballage MX6 chargé des contenus n° 4 à 6

Réf.

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-012075 du 27 mars 2017.
2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012.
3. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-036871 du 24 octobre 2016.

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 le dossier de sûreté joint à la demande de prorogation d'agrément présentée par la société ORANO TN, dénommée par la suite le requérant, pour le modèle de colis MX6.

Cette demande concerne le transport par voies terrestre, maritime et fluviale du colis MX6 chargé d'assemblages combustibles neufs, en tant que colis de type B(U) pour matière fissile.

Dans ce cadre, l'IRSN a expertisé les justifications de sûreté transmises au regard des exigences applicables de l'édition 2012 du règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA cité en deuxième référence. De cette expertise, l'IRSN retient les points importants suivants.

1 DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

1.1 Emballage

L'emballage MX6 est constitué d'un corps cylindrique composé de viroles en acier inoxydable qui délimitent un espace annulaire rempli d'une protection neutronique (résine). La cavité de l'emballage, fermée par un couvercle muni de joints d'étanchéité en élastomère et vissé sur le corps, accueille un panier. Ce panier est constitué d'un empilement de galettes dans lesquelles des évidements sont réalisés pour introduire des logements en acier. Ces galettes sont maintenues entre elles par des entretoises. Deux types de paniers peuvent être utilisés selon le contenu. Des capots amortisseurs de chocs, remplis de blocs de bois, sont vissés à chaque extrémité du corps de l'emballage.

Des dispositifs sont positionnés sur les surfaces externes de l'emballage et des capots pour évacuer les gaz potentiellement produits par la dégradation de la résine ou du bois lors d'un incendie. **Ceci est satisfaisant. Toutefois, l'IRSN estime que le dimensionnement de ces**

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

dispositifs devrait être formellement justifié. Par ailleurs, l'étanchéité de la virole externe de l'emballage, assurant la maîtrise du vieillissement de la résine, devrait être contrôlée lors des opérations de maintenance.

Les caractéristiques des matériaux de l'emballage sont spécifiées dans le dossier de sûreté. À cet égard, l'IRSN considère que le requérant devrait préciser que les contraintes d'écrasement des blocs de bois des capots amortisseurs sont spécifiées à 20°C.

Ces points font l'objet des observations n° 1.1, 1.2 et 5.3 présentées en annexe 3 de l'avis.

1.2 Contenus et aménagements internes

La demande de prorogation du modèle de colis MX6 concerne le transport :

- d'au plus 10 assemblages combustibles à base d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium (MOX), d'oxyde d'uranium (UO₂) ou d'oxyde d'uranium et de gadolinium (UO₂-Gd₂O₃), de type 8x8 destinés à des réacteurs à eau bouillante (REB) (contenu n° 4) ;
- d'au plus 6 assemblages combustibles à base d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium (MOX) de type 15x15 destinés à des réacteurs à eau sous pression (REP) (contenu n° 5) ;
- d'au plus 6 assemblages combustibles à base d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium (MOX) de type 17x17 destinés à des réacteurs à eau sous pression (REP) (contenu n° 6).

La puissance thermique maximale des assemblages combustibles des contenus n° 5 et 6 a été augmentée par rapport à celle qui était spécifiée dans les précédents certificats d'agrément du modèle de colis MX6.

Chaque assemblage est introduit dans un aménagement interne, constitué d'une boîte parallélépipédique en acier inoxydable, lui-même introduit dans un logement du panier. Les aménagements internes sont fixés sur la galette de tête du panier, ce qui limite leurs mouvements axiaux lors des transports. À cet égard, le requérant spécifie à présent dans le dossier de sûreté la fixation des aménagements internes sur le panier, ce que l'IRSN estime satisfaisant. En outre, le requérant a limité la hauteur des paniers pouvant être utilisés, de manière à réduire le risque de fretage résultant de la dilatation des composants.

2 COMPORTEMENT MECANIQUE DU COLIS

2.1 Conditions de transport de routine

2.1.1 Arrimage du colis

Le modèle de colis MX6 est transporté en position horizontale, arrimé sur la plateforme du moyen de transport par l'intermédiaire de deux berceaux encerclant la virole externe de l'emballage. Ces berceaux sont constitués de deux demi-coques assemblées par des vis et comportant sur leur surface interne une bande en élastomère. Le requérant évalue l'effort de serrage minimal de ces vis garantissant l'absence de glissement longitudinal du colis en conditions de transport de routine. Lors de l'instruction, il a mis à jour cette évaluation en ne considérant plus la présence des bandes élastomère, ce qui couvre leur éventuelle dégradation. Ceci est satisfaisant.

Par ailleurs, il détermine un effort maximal de serrage de ces vis assurant l'absence d'endommagement de la virole externe de l'emballage, qui a été réévalué pour tenir compte de la surface réelle d'appui des berceaux.

Les efforts de serrage des vis des berceaux réévalués n'appellent pas de remarque de l'IRSN. **Dans l'attente de la mise à jour du dossier de sûreté, l'IRSN propose de les spécifier dans le certificat d'agrément du modèle de colis.**

Le requérant n'a pas évalué le risque d'auto-desserrage des vis des berceaux, en prenant en compte les sollicitations vibratoires rencontrées dans les conditions de transport de routine. **Ce point, qui concerne également les vis des capots, fait l'objet de l'observation n° 2.1.a présentée en annexe 3 de l'avis.** Il est à noter à cet égard que le retour d'expérience acquis durant l'utilisation des exemplaires du colis ne fait pas état de desserrage de vis.

2.1.2 Manutention du colis

Les manutentions du modèle de colis MX6 sont réalisées par l'intermédiaire :

- d'oreilles positionnées sur deux ceintures de manutention encerclant la virole externe de l'emballage. Ces ceintures sont composées de deux ensembles mécano-soudés assemblés par des vis (deux oreilles par demi-ceinture supérieure). Elles permettent les manutentions du colis en position horizontale ;
- de tourillons fixés à l'emballage, utilisés lors des manutentions, en position horizontale ou verticale, du colis sans ses capots amortisseurs.

Le requérant vérifie que les contraintes dans les ceintures de manutention, leurs vis de liaison et les oreilles restent inférieures aux limites d'élasticité des matériaux en tenant compte des sollicitations rencontrées lors des manutentions. Cette analyse est réalisée en considérant uniquement une sollicitation verticale des organes de manutention et une répartition des efforts homogène entre les deux oreilles d'une même ceinture.

À cet égard, le requérant a indiqué que la prochaine révision du dossier de sûreté spécifiera que les manutentions à l'aide des oreilles précitées doivent être effectuées à l'aide de moyens de levage (palonnier) assurant une transmission verticale de la charge. **Dans l'attente, l'IRSN propose de rajouter cette mention dans le certificat d'agrément du modèle de colis.**

Par ailleurs, l'IRSN considère que le requérant devra démontrer la tenue des oreilles précitées en considérant l'hyperstaticité des points de levage. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.1 présentée en annexe 1 de l'avis.

En outre, il devrait confirmer que la surface réelle de contact entre les oreilles de levage et les moyens de préhension utilisés est cohérente avec les hypothèses retenues dans les études. De même, l'analyse devrait prendre en compte les soudures des ceintures de manutentions.

Le requérant justifie, pour les deux configurations de manutention (horizontale et verticale), la tenue des tourillons et de leur vis de fixation sur l'emballage. L'analyse réalisée est globalement satisfaisante. **Cependant, le requérant devrait justifier la surface de reprise des efforts des tourillons retenue dans les études au regard des moyens de préhension utilisés. Par ailleurs, il a justifié la tenue à la fatigue des tourillons, mais pas des vis.**

L'ensemble de ces points est intégré dans l'observation n° 2.1 présentée en annexe 3 de l'avis.

Enfin, le retour d'expérience acquis durant l'utilisation et les maintenances des exemplaires du colis ne fait pas état de point particulier concernant les organes de manutention (usure, déformation ...).

2.1.3 Dimensionnement des assemblages vissés du colis

Le requérant a transmis au cours de l'instruction l'étude relative au dimensionnement des assemblages vissés de l'enveloppe de confinement et des capots amortisseurs du colis pour les conditions de transport de routine. Cette étude est globalement satisfaisante. Toutefois, elle considère pour les vis de fixation des tapes de fermeture des orifices aménagés dans le couvercle un couple de serrage et une limite d'élasticité plus favorables que ceux spécifiés dans le dossier de sûreté. **Dans l'attente de la mise à jour du dossier de sûreté sur ces points, l'IRSN propose de spécifier dans le certificat d'agrément les paramètres retenus dans l'étude transmise.**

Pour justifier la valeur du coefficient de frottement retenue pour les vis dans l'étude, le requérant s'appuie sur des valeurs citées, à titre indicatif, dans une norme. **Compte tenu de l'influence de ce paramètre sur les résultats des études, pour toutes les conditions de transports, l'IRSN estime que le requérant doit justifier la valeur du coefficient retenue en s'appuyant notamment sur des données expérimentales. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1.2 présentée en annexe 1 de l'avis.**

Par ailleurs, l'étude ne considère pas les rondelles utilisées avec les vis de fixation des capots et du couvercle de fermeture de la cavité de l'emballage. **L'IRSN estime que le requérant devrait compléter l'étude en ce sens. Ce point est intégré à l'observation n° 2.1.f de l'annexe 3 de l'avis.**

2.2 Conditions normales et accidentelles de transport

L'analyse du comportement mécanique du modèle de colis MX6 lors des épreuves réglementaires de chute simulant les conditions normales et accidentelles de transport repose, d'une part sur des essais de chute réalisés avec des maquettes représentatives du modèle de colis MX6 à échelles réduites, d'autre part sur des calculs évaluant notamment l'influence de la température sur le comportement mécanique du colis, des aménagements internes et des contenus.

2.2.1 Représentativité des maquettes

Dans le cadre de la présente demande de prorogation d'agrément, le requérant a complété les justifications de la représentativité des blocs de bois du capot amortisseur de tête de la maquette utilisée lors des essais de chute réalisés à la température maximale atteinte en conditions normales de transport. Il a en particulier déterminé la contrainte d'écrasement moyenne du bois à partir de mesures effectuées sur cinq échantillons.

La contrainte ainsi définie étant légèrement supérieure à celle spécifiée dans le dossier de sûreté, il a évalué par calcul analytique l'écrasement supplémentaire qui aurait été observé sur le capot de la maquette en retenant les caractéristiques spécifiées pour le bois. Il conclut que cela ne met pas en cause la sûreté du modèle de colis. Cette étude n'appelle pas de remarque de l'IRSN. **Toutefois, l'IRSN estime que la représentativité des cinq échantillons prélevés devrait être justifiée. Ceci fait l'objet de l'observation n° 2.2.c de l'annexe 3 de la fiche.**

2.2.2 Éléments vissés du colis

Le requérant analyse, sur la base de calculs analytiques, la tenue des vis de fixation du couvercle de fermeture de la cavité de l'emballage, à l'issue des chutes simulant les conditions accidentelles de transport, sur la plage de températures réglementaires. Ces calculs ont été mis à jour pour prendre en compte notamment l'effort de serrage des vis évalué dans le cadre de la présente instruction (cf. § 2.1.3 de l'avis).

La contrainte équivalente maximale déterminée dans les vis de fixation du couvercle est proche de la limite d'élasticité des vis. Ce point renforce la nécessité de mieux justifier la valeur du coefficient de frottement retenue pour ces vis.

Pour ce qui concerne l'étude relative à la tenue du colis à l'issue d'une chute, d'une hauteur de 1 m, sur poinçon avec impact sur le capot de tête au droit de la tape de fermeture de l'un des orifices du couvercle, le requérant démontre qu'un contact entre le capot et la tape est exclu au regard du jeu initial entre les composants. Cependant, le jeu initial retenu dans l'étude n'est pas spécifié sur le plan de concept de l'emballage. **L'IRSN estime que ce plan devrait être complété en ce sens. Ce point fait l'objet de l'observation n°1.3 présentée en annexe 3 de l'avis.**

2.2.3 Comportement mécanique des paniers

Le requérant évalue, par calculs, le comportement mécanique des paniers au cours des chutes simulant les conditions accidentelles de transport. Ces études ont été mises à jour dans le cadre de la demande de prorogation d'agrément, pour prendre en compte en particulier le vieillissement potentiel de certains matériaux. Les résultats obtenus dans certaines configurations de chute du colis montrent des déformations plastiques de composants du panier qui dépassent, dans certaines zones, la limite d'allongement à la rupture des matériaux. Le requérant estime toutefois que ces endommagements locaux ne mettent pas en cause le positionnement des assemblages dans la cavité du colis.

Les niveaux de déformation plastique déterminés dans les composants du panier, qui dépassent leur valeur d'allongement à la rupture, n'ont pas de sens physique. **Sur le principe, l'IRSN estime que le requérant doit démontrer les capacités du modèle numérique à prédire le comportement mécanique réel des paniers utilisés. Ceci fait l'objet de l'observation n°2.2.a présentée en annexe 3 de l'avis.**

Nonobstant, les zones concernées sont limitées (une galette et les logements en regard du poinçon) et la présence des aménagements internes réduirait les conséquences des déformations des galettes. Par ailleurs, les espaces libres entre les assemblages et les logements ne sont pas pris en compte. Enfin, les études de criticité présentent des marges et prennent en compte une modélisation enveloppe (aménagements internes non modélisés ...).

2.2.4 Impact différé

Par rapport à la précédente demande de prorogation, le requérant a modifié le concept des paniers, en ajoutant en particulier des entretoises en partie supérieure, de manière à réduire significativement le jeu axial entre le panier et le couvercle de fermeture de l'emballage. Aussi, il estime que les conséquences d'un éventuel impact différé du panier sur le couvercle seraient limitées. En outre, le jeu résiduel a été optimisé afin d'exclure le risque de frettage axial des composants dans les différentes conditions de transport. Par ailleurs, la fixation des aménagements internes sur le panier est maintenant prescrite.

L'IRSN relève que le requérant a minimisé le jeu entre le panier et le couvercle de fermeture de l'emballage, celui-ci étant au plus de quelques centimètres. Ce jeu ne peut plus être réduit, du fait des risques de frettage en température. Par ailleurs, bien que la justification de leur dimensionnement dans toutes les conditions de transport n'ait pas été apportée, certaines dispositions limitent les risques liés à un impact différé du panier ou des aménagements internes sur le couvercle (fixation des aménagements internes au panier, ancrage du panier dans l'emballage...). **L'IRSN estime que certaines de ces dispositions devraient être décrites dans le dossier de sûreté. Ceci fait l'objet de l'observation n°2.2.b présentée en annexe 3 de l'avis.**

En tout état de cause, l'IRSN estime qu'il convient de garder des marges sur le dimensionnement des vis de fixation du couvercle. Ce point renforce la nécessité de mieux justifier la valeur du coefficient de frottement des vis retenu.

3 COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS

Les études du comportement thermique du modèle de colis MX6 dans toutes les conditions de transport reposent sur des calculs numériques. Elles ont été révisées dans le cadre de la demande de prorogation d'agrément notamment pour prendre en compte l'augmentation de la puissance thermique maximale des contenus n° 5 et 6.

Le requérant conclut que l'intégrité des composants importants pour la sûreté du colis est garantie dans toutes les conditions de transport.

L'IRSN estime globalement satisfaisantes les études du requérant. **Cependant, certains paramètres retenus dans les calculs, pour les blocs de bois des capots amortisseurs et les échanges convectifs dans les zones endommagées du colis à l'issue des chutes, devraient être revus. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.1 présentée en annexe 1 de l'avis et des observations n° 3.1 à 3.4 présentées en annexe 3 de l'avis.**

Par ailleurs, le requérant a indiqué, concernant la prise en compte du phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve de feu, que les endommagements du capot de tête observés lors des essais de chutes ne sont pas de nature à favoriser un tel phénomène. Toutefois, pour l'IRSN, plusieurs endommagements significatifs relevés sur le capot de tête à l'issue des essais de chutes peuvent favoriser une circulation de l'air dans le capot, susceptible d'alimenter un foyer de combustion du bois. En outre, il n'est pas exclu qu'une chute sur poinçon, avec pour objectif d'engendrer un dommage traversant le capot (créant un effet « cheminée »), conduise à accroître le risque de poursuite de la combustion du bois lors de la phase de refroidissement.

Aussi, l'IRSN estime que le requérant doit prendre en compte le phénomène de poursuite de la combustion du bois dans ses études. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.2 présentée en annexe 1 de l'avis.

À cet égard, les températures maximales déterminées présentent des marges par rapport aux températures maximales d'utilisation des composants, notamment des joints d'étanchéité. Toutefois, ces marges sont plus réduites concernant l'exclusion d'un phénomène d'extrusion de ces joints.

4 CONFINEMENT

L'évaluation du relâchement d'activité du colis pour les conditions normales et accidentelles de transport a été mise à jour pour prendre en compte les résultats de l'étude thermique révisée. Le requérant conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés dans toutes les conditions de transport. Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

En complément, le requérant a démontré que le risque d'extrusion des joints d'étanchéité peut être exclu dans toutes les conditions de transport. De plus, le taux de compression minimal des joints est supérieur à la valeur usuellement retenue pour garantir leur étanchéité.

À cet égard, le requérant ne prend pas en compte dans son étude le phénomène de déformation rémanente à la compression des joints en élastomère (DRC). L'IRSN a vérifié que la prise en compte de ce phénomène ne met pas en cause les conclusions du requérant. **Toutefois, l'IRSN estime que l'étude du requérant devra être mis à jour sur ce point. Ce point fait l'objet de l'observation n° 4.1 présentée en annexe 3 de l'avis.**

5 RADIOPROTECTION ET SURETE-CRITICITE

L'étude de l'efficacité des protections radiologiques du colis est réalisée en prenant en compte un contenu enveloppe, ce qui est satisfaisant. Le requérant conclut que les critères réglementaires de débit de dose au contact et au voisinage du colis sont respectés dans toutes les conditions de transport. Les études réalisées par le requérant n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

Toutefois, le requérant n'a pas évalué l'intensité maximale de rayonnement à 2 m du moyen de transport en conditions de transport de routine. **Conformément aux principes définis dans la lettre de l'ASN citée en troisième référence, le requérant devra introduire cette évaluation dans le dossier de sûreté.**

L'étude de la sûreté-criticité du modèle de colis a été mise à jour, notamment pour prendre en compte les nouvelles dimensions d'aménagements internes. Celle-ci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.

6 FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE

Les instructions de fabrication, d'utilisation et de maintenance du colis n'ont pas été modifiées dans le cadre de la demande de prorogation.

À cet égard, la fixation de plusieurs composants du colis, participant aux fonctions de sûreté, est assurée par des vis de classe de qualité 10.9. Or, ces vis présentent un risque de fragilisation dû à la présence d'hydrogène. Le requérant a indiqué au cours de l'instruction que ces vis subissent un traitement de dégazage, à l'issue des opérations de traitement de surface, écartant ce risque. Ceci est satisfaisant. **L'IRSN estime que les éléments transmis au cours de l'instruction, notamment la réalisation d'un traitement de dégazage, devraient être précisés dans le dossier de sûreté. Dans l'attente de la mise à jour du dossier de sûreté, l'IRSN propose de spécifier ces exigences de fabrication dans le projet de certificat.**

Par ailleurs, l'IRSN estime qu'un contrôle de l'effort de serrage des vis des ceintures de manutention de l'emballage lors des maintenances devrait être spécifié dans le dossier de sûreté. Par ailleurs, concernant la fabrication de nouveaux exemplaires d'emballage, l'IRSN estime qu'un contrôle relatif à l'effort de serrage des vis des ceintures devrait être spécifié. Ces points font l'objet de la recommandation n°3.1 présentée en annexe 1 de l'avis et de l'observation 5.1 présentée en annexe 3 de l'avis.

En outre, le type de lubrifiant devant être appliqué sur les vis devrait être spécifié dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à l'utilisation du colis. Enfin, les positions des points de contrôle de radioprotection indiquées dans ce chapitre devraient être corrigées. Ces points font l'objet des observations n°5.2 et 5.4 présentées en annexe 3 de l'avis.

7 RETOUR D'EXPERIENCE

Le retour d'expérience acquis entre 2010 et 2016 lors des opérations de maintenance et d'exploitation réalisées sur le parc d'emballages MX6 n'a pas fait apparaître de points marquants.

Par ailleurs, le requérant a traité les quelques constations issues des maintenances (grippage de vis...).

8 CONCLUSION

Compte tenu des justifications de sûreté et des informations complémentaires transmises par la société ORANO TN, l'IRSN considère que le modèle de colis MX6 est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) pour matière fissile sous réserve de l'intégration des modifications proposées pour le certificat d'agrément en annexe 2 de l'avis.

Par ailleurs, le requérant devra, pour la prochaine demande de prorogation, compléter les démonstrations de sûreté en tenant compte des recommandations présentées en annexe 1 de l'avis. Enfin, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations présentées en annexe 3 de l'avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2018-00062 du 12 mars 2018

Recommandations à prendre en compte pour la prochaine demande de prorogation

1 Comportement mécanique du colis

- 1.1 Justifier le dimensionnement des composants des ceintures de manutention du colis en considérant l'hyperstaticité des points de levage.
- 1.2 Justifier la valeur du coefficient de frottement considérée dans les études pour les assemblages vissés du colis, au regard du type de lubrifiant utilisé, sur la base de mesures expérimentales.

2 Comportement thermique du colis

- 2.1 Réviser l'étude thermique en conditions accidentelles de transport en prenant en compte :
 - a. un écrasement du capot de tête égal à 88 % déterminé à partir des contraintes d'écrasement des blocs de bois présents dans le capot de la maquette utilisée lors des essais ;
 - b. un rapport entre les conductivités thermiques dans la direction des fibres du balsa et dans la direction perpendiculaire égal à 2,8 ;
 - c. l'influence de la température sur les propriétés thermiques des blocs de chêne ;
 - d. l'écrasement du chêne à l'issue de la chute du colis sur poinçon, au droit de la tige d'orifice, ainsi que la conductivité thermique du bois, dans la direction des fibres, déterminée pour sa densité maximale ;
 - e. un coefficient de convection tenant compte des écoulements d'air dans la zone de bâillement du capot notamment lors de la phase de refroidissement du colis à l'issue des 30 minutes de feu.
- 2.2 Évaluer les conséquences de la poursuite de la combustion des blocs de bois du capot amortisseur de tête lors de la phase de refroidissement du colis à l'issue des 30 minutes de feu.

3 Fabrication, utilisation et maintenance

- 3.1 Spécifier un contrôle visant, lors des opérations de maintenance, à détecter une évolution des conditions de serrage des vis de fixation des ceintures de manutention du colis.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2018-00062 du 12 mars 2018

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

1 Annexe 0, paragraphe 2 :

Ajout des prescriptions suivantes :

- L'effort de serrage des liaisons vissées des berceaux utilisés pour l'arrimage du colis doit être compris entre $2,38.10^5$ N et $7,46.10^5$ N.
- La manutention du colis en position horizontale doit être réalisée à l'aide de moyens de levage (palonnier) assurant une transmission verticale de la charge aux organes de manutention du colis.
- Les vis de fixation des tapes doivent être serrées à un couple de 9 ± 6 % N.m et leur limite d'élasticité doit être supérieure ou égale à 930 MPa à 120°C.
- Les vis de classe de qualité 10.9 zinguées bichromatées (ou traitement équivalent) doivent avoir subi un traitement de dégazage à l'issue des opérations de traitement de surface permettant d'exclure le risque de fragilisation dû à la présence d'hydrogène. Ce traitement de dégazage est effectué dès que possible, et au plus tard quatre heures après le traitement de surface.

Annexe 3 à l'Avis IRSN n° 2018-00062 du 12 mars 2018

Observations

1 Définition du modèle de colis

- 1.1 Justifier le nombre, la position et les caractéristiques des dispositifs présents sur les surfaces externes de l'emballage et des capots pour évacuer les gaz qui résulteraient de la dégradation du bois et de la résine lors d'un incendie. Prendre en compte dans cette analyse l'absence de tels dispositifs dans la partie centrale des capots amortisseurs.
- 1.2 Dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à la description de l'emballage, préciser que les contraintes d'écrasement du bois indiquées sont à 20°C.
- 1.3 Spécifier sur les plans de concept de l'emballage, le jeu entre le capot et les tapes de fermeture des orifices du couvercle de fermeture de la cavité, en considérant les tolérances dimensionnelles des composants.

2 Comportement mécanique du colis

2.1 Conditions de transport de routine

- a. Confirmer l'absence de risque d'auto-desserrage des assemblages vissés des berceaux utilisés pour l'arrimage du colis et des capots amortisseurs en tenant compte des sollicitations vibratoires rencontrées lors des transports.
- b. Justifier que les moyens de préhension des oreilles de levage du colis utilisés permettent de considérer des sollicitations de ces oreilles de type cisaillement double.
- c. Démontrer formellement la tenue mécanique des soudures de liaison des composants des demi-ceintures de manutention pour les sollicitations rencontrées lors des opérations de manutention du colis.
- d. Justifier la surface de reprise des efforts dans les tourillons retenue dans l'étude mécanique au regard des moyens de préhension utilisés.
- e. Démontrer la tenue à la fatigue des vis des berceaux d'arrimage, des ceintures de manutention et des tourillons.
- f. Démontrer, en tenant compte des sollicitations des conditions de transport de routine, que le couple de serrage des vis de fixation du couvercle et des capots amortisseurs n'entraîne pas de déformation plastique de leur rondelle. Spécifier dans le dossier de sûreté les caractéristiques mécaniques de ces rondelles.

2.2 Conditions accidentelles de transport

- a. Étayer les capacités des modèles numériques développés à prédire le comportement mécanique du panier en conditions accidentelles de transport. Dans ce cadre, justifier les critères permettant d'apprécier le risque de rupture des composants.
- b. Décrire dans le dossier de sûreté le système de maintien comblant le jeu axial entre les assemblages du contenu n° 4 et leur aménagement interne.
- c. Justifier la représentativité des cinq échantillons prélevés dans les blocs de bois ayant servi à la fabrication du capot de tête de la maquette utilisée lors des essais de chute de 2009, par rapport à l'ensemble du bois utilisé pour la fabrication de ce capot.

3 Comportement thermique du colis

- 3.1 Confirmer que la prise en compte de la longueur active minimale des assemblages combustibles ne conduit pas à une augmentation de la température des éléments de fermeture de la cavité du colis en conditions normales de transport.
- 3.2 Démontrer que la prise en compte des dispositifs de blocage des aménagements internes dans les logements des paniers n'engendre pas une augmentation significative de la température estimée pour les composants internes du modèle de colis dans toutes les conditions de transport.
- 3.3 Évaluer la température maximale des composants du colis à l'issue de l'épreuve d'incendie en tenant compte :
 - a. d'un poinçonnement de la protection neutronique ;
 - b. d'un contact entre la surface externe du panier et la virole interne de l'emballage.
- 3.4 Évaluer les contraintes dans les composants du colis résultant des dilatations du panier et de la virole interne.

4 Confinement

- 4.1 Évaluer le taux de compression des joints en prenant en compte le phénomène de déformation rémanente à la compression des joints en élastomère (DRC).

5 Fabrication, utilisation et maintenance

- 5.1 Spécifier, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif aux opérations de fabrication du colis, qu'un contrôle de l'effort de serrage des vis des ceintures de manutention doit être réalisé.
- 5.2 Préciser, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à l'utilisation du colis, le type de lubrifiant appliqué sur les vis du colis.
- 5.3 Prévoir un contrôle de l'étanchéité de la virole externe lors des opérations de maintenance du colis.
- 5.4 Mettre en cohérence la position de la mesure qui doit être réalisée à mi-longueur des assemblages constituant le contenu n°4, par rapport à l'extrémité du capot de fond, entre les chapitres du dossier de sûreté relatifs à l'évaluation des débits d'équivalent de dose et aux instructions d'utilisation de l'emballage.