

Fontenay-aux-Roses, le 16 décembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00403

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 9/4 chargé d'assemblages combustibles irradiés.

Réf.

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-010082 du 09 mars 2016.
2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de sûreté joint à la demande de prorogation d'agrément présentée par la société AREVA TN pour l'emballage TN 9/4. Cette demande concerne le transport du modèle de colis TN 9/4, par voies routière, maritime et ferroviaire, chargé d'assemblages combustibles, à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau bouillante (REB).

Le transport de ce modèle de colis sur le territoire français fait actuellement l'objet d'un certificat d'agrément qui expirera le 31 décembre 2016.

Le dossier de sûreté précité a été expertisé par l'IRSN par rapport à la réglementation citée en seconde référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

Description du modèle de colis

Description de l'emballage

Le requérant n'a pas modifié, dans le cadre de la demande objet du présent avis, le concept de l'emballage TN 9/4. Pour mémoire, cet emballage, de forme générale cylindrique, présente deux enveloppes de confinement indépendantes. Le système de fermeture de la cavité de l'emballage est composé d'un couvercle primaire en acier inoxydable maintenu par une bague de serrage vissée sur la bride supérieure de l'enveloppe de confinement interne et d'un couvercle secondaire en acier inoxydable vissé sur la bride supérieure de la virole de l'emballage. Chaque couvercle est équipé de joints d'étanchéité en élastomère.

Dans sa configuration de transport, l'emballage est équipé, à chacune de ses extrémités, de capot amortisseur de chocs remplis de blocs de bois.

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

Description du contenu et des aménagements internes

Le modèle de colis TN 9/4 est conçu pour le transport d'au plus sept assemblages à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau bouillante. Ils peuvent être de type REB 9x9 ou REB 10x10. Par rapport au certificat actuellement en vigueur, le requérant augmente le taux de combustion maximal des assemblages d'un contenu. Chaque assemblage combustible REB peut contenir au plus deux « crayons d'eau », qui sont des crayons vides, soit débouchants, soit percés en partie basse.

La cavité interne de l'emballage accueille un panier délimitant sept logements dans lesquels les assemblages combustibles sont introduits. Le chargement d'assemblages endommagés n'est pas considéré. Le volume libre de la première enveloppe de confinement et celui situé entre la première et la seconde enveloppe de confinement sont remplis avec un gaz neutre (hélium ou azote).

Comportement mécanique du colis

Conditions de transport de routine

En appui de sa demande de prorogation, le requérant a révisé les justifications relatives au comportement mécanique du modèle de colis en conditions de transport de routine, afin de prendre en compte les demandes formulées par l'ASN dans le cadre de la précédente demande de prorogation d'agrément.

Ces demandes concernaient notamment les analyses du comportement mécanique et de la tenue à la fatigue des organes d'arrimage du colis en tenant compte notamment, pour chaque mode de transport, de la combinaison des accélérations rencontrées.

En dehors de analyses relatives aux transports maritimes, qui font l'objet actuellement d'une approche générique, l'IRSN estime les compléments du requérant satisfaisants exceptés pour les évaluations de la tenue à la fatigue des systèmes d'arrimage et de manutention en considérant la contrainte moyenne (non nulle). **Ceci fait l'objet de l'observation n° Erreur ! Source du renvoi introuvable. présentée en annexe 3 au présent avis.**

Conditions normales et accidentelles de transport

La société AREVA TN considère que l'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN 9/4 lors des épreuves de chute simulant les conditions accidentelles de transport (CAT) couvre les épreuves simulant les conditions normales de transport (CNT). Par conséquent, ces dernières n'ont pas été étudiées. **Ceci n'appelle pas de commentaires.**

Toutefois, le requérant évalue les dommages mécaniques du colis à l'issue des chutes simulant les conditions accidentelles de transport sans les cumuler avec ceux associés aux conditions normales de transport. Cette démarche n'est pas en accord avec les exigences réglementaires applicables aux colis de type B. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.2 présentée en annexe 3 au présent avis.**

Le requérant a complété l'étude du comportement mécanique du modèle de colis à l'issue des chutes libres d'une hauteur de 9 m afin d'évaluer, d'une part les conséquences d'une chute libre du colis en position horizontale avec un impact sur les tourillons sur la plage réglementaire de températures, d'autre part le risque de talonnement du bois présent dans les capots amortisseurs en tenant compte de différentes inclinaisons du colis lors des chutes.

Conséquences d'une chute libre du colis avec un impact sur les tourillons

Dans la configuration d'une chute libre d'une hauteur de 9 m du colis en position quasi-horizontale avec impact sur la génératrice des tourillons à -40°C, le requérant estime que l'écrasement des capots sera limité de par la diminution des capacités d'écrasement du bois et que le risque d'impact direct sur les tourillons est écarté. De même, à la température maximale atteinte en CNT, il considère qu'un éventuel impact des tourillons ne serait pas de nature à engendrer une augmentation des accélérations du colis de par la quantité d'énergie limitée qui serait transmise aux tourillons.

Toutefois, les analyses du requérant sont uniquement qualitatives. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation 1.3 présentée en annexe 3 au présent avis.**

Étude du risque de talonnement du bois des capots

Le requérant évalue le risque de talonnement du bois des capots à la température maximale atteinte en CNT, soit de manière numérique, soit de manière analytique (selon la configuration de chute considérée). Au regard des résultats obtenus, il conclut que le comportement du bois des capots amortisseurs en température n'est pas de nature à mettre en cause la tenue mécanique des composants importants pour la sûreté.

L'évaluation des écrasements du bois, par voie numérique, est réalisée en utilisant un modèle qui a préalablement été recalé sur la base de mesures relevées à l'issue d'essais de chute. **Ceci est satisfaisant sur le principe.** Toutefois, les hypothèses retenues par le requérant pour réaliser ce recalage, notamment s'agissant des caractéristiques des matériaux, ne sont pas adaptées. **L'IRSN estime donc que la société AREVA TN devra revoir le recalage du modèle numérique utilisé. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.1 présentée en Annexe 1.**

En outre, la modélisation retenue pour simuler le comportement du bois en chute a fait l'objet d'un avis générique de l'IRSN, concluant qu'elle doit être complétée. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.4 présentée en annexe 3.**

De l'étude du comportement des blocs de bois en chutes axiale et inclinée, le requérant conclut que les écrasements déterminés ne conduisent pas à dépasser leur seuil de consolidation du bois. Toutefois, lors des essais de chute libre réalisés avec une maquette du colis en position axiale (maquette chauffée), certains blocs de bois étaient entièrement comprimés. Ceci laisse supposer qu'ils avaient dépassé leur seuil de consolidation. Aussi, l'IRSN considère que le requérant devrait confirmer l'absence de talonnement des blocs de bois du capot du colis à l'issue des chutes libres de ce dernier en position inclinée et axiale par calculs numériques, à la température maximale atteinte en condition normale de transport. Dans ce cadre, une attention particulière devra être portée sur le recalage du modèle numérique utilisé. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.2 présentée en annexe 1.**

Impact différé du contenu sur le système de fermeture de la cavité du colis

Les jeux maximaux entre, d'une part le panier et le couvercle de l'enceinte interne, d'autre part les assemblages combustibles et le couvercle de fermeture de l'enceinte interne peuvent atteindre respectivement de l'ordre de 30 mm et 100 mm à la température ambiante. Compte tenu de ces valeurs, l'IRSN estime que le requérant devrait évaluer le comportement du modèle de colis dans les configurations de chutes libres de ce dernier en positions axiale ou inclinée avec un impact côté tête, en considérant les décalages les plus pénalisants de chaque élément du chargement.

En outre, au regard de la valeur minimal du jeu entre les assemblages combustibles et le couvercle du canister, l'IRSN considère que la mise en place d'un système de cale dans les logements du panier devrait être étudiée.

Ces point fait l'objet de la recommandation n° 1.3 présentée en annexe 1 au présent avis.

Tenue mécanique des assemblages combustibles en chute

La tenue mécanique des crayons des assemblages combustibles irradiés n'a pas été démontrée dans toutes les conditions de transport. A cet égard, les démonstrations relatives à la sûreté-criticité du colis en conditions accidentelles de transport considèrent la ruine totale des contenus.

Par ailleurs, le requérant a transmis au cours de l'instruction une évaluation complémentaire du comportement thermique du colis tenant compte d'une quantité limitée de matière radioactive dispersée en dehors des crayons combustibles en conditions accidentelles de transport. Cependant, l'IRSN considère que la quantité de matière dispersée considérée dans cette évaluation n'est pas suffisamment justifiée pour des combustibles irradiés **Ceci fait l'objet de l'observation n° 2.1 présentée en annexe 3 au présent avis.**

Influence du châssis de transport

Lors de la précédente demande de prorogation d'agrément du colis, l'ASN a demandé au requérant de démontrer que le châssis de transport n'est pas de nature à mettre en cause les conclusions des démonstrations de sûreté. Le requérant n'a pas transmis les éléments correspondants dans le cadre du présent dossier.

Comportement thermique du colis

Le requérant a révisé l'analyse du comportement thermique du modèle de colis afin de prendre en compte, dans toutes les conditions de transport, l'influence du décentrage radial du contenu et du gradient circonferentiel sur les températures de l'emballage. **Ces compléments n'appellent pas de remarque.**

En revanche, le requérant n'a pas évalué le comportement thermique du colis en tenant compte des conséquences de la poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve thermique. Toutefois, il existe une marge significative entre la température maximale atteinte par les joints de l'enveloppe de confinement et celle admissible considérée pour ces derniers.

En outre, pour l'étude du comportement thermique du modèle de colis, le requérant a transmis des justifications complémentaires au cours de l'instruction tenant compte d'endommagement du capot

amortisseur résultant de chutes sur poinçon. Pour cela, il a simulé la présence de différents trous de poinçons par des zones du capot dans lesquelles les échanges thermiques avec les flammes ont été pris en compte. Il conclut que l'augmentation de température des joints d'étanchéité du colis n'est pas de nature à mettre en cause leur intégrité.

Ces compléments sont satisfaisants sur le principe. Toutefois, la modélisation utilisée n'est pas enveloppe, un coefficient d'échange convectif simulant des échanges forcés n'ayant pas été appliqué sur toutes les surfaces du trou de poinçon exposées aux flammes. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 2.2 présentée en annexe 3 du présent avis.**

Confinement de la matière radioactive

Le requérant a révisé l'étude de relâchement d'activité du colis dans toutes les conditions de transport en mettant à jour le taux de relâchement des gaz de fission en dehors des crayons combustibles. **Ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, au cours de l'instruction, il a révisé l'analyse de confinement pour prendre en compte le taux de rupture de gaines en condition normale de transport de 5 % ainsi que l'augmentation de pression interne associée à la présence d'eau résiduelle dans la cavité après séchage du colis. Ces nouvelles hypothèses l'ont conduit à modifier la pression de remplissage des enceintes primaire et secondaire ainsi que le taux de fuite maximale admissible des enceintes du colis mesuré avant transport. Ceci n'appelle pas de remarque.

Pour ce qui concerne le comportement des joints d'étanchéité équipant les composants de fermeture de la cavité du colis, en considérant les températures maximales du dossier de l'exploitant, les taux de remplissage des gorges restent inférieurs à 100 % dans toutes les conditions de transport. Par ailleurs, l'IRSN a vérifié que le taux de compression minimal des joints d'étanchéité du colis sont supérieur à 15 %, valeur usuellement retenue pour garantir l'étanchéité du montage. L'IRSN estime que la société AREVA TN devrait intégrer cette analyse dans le dossier de sûreté. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3.1 présentée en annexe 3 du présent avis.**

Radioprotection

Dans le dossier examiné, pour l'analyse de la radioprotection, le requérant s'appuie sur une nouvelle méthode visant à définir un contenu maximal admissible au regard des exigences réglementaires d'intensités maximales de rayonnement au contact et au voisinage du colis définies dans les paragraphes 617 et 659 de la réglementation citée en deuxième référence. Cette méthode a fait l'objet d'un avis de l'IRSN en décembre 2016. Seules les aspects liés directement à la déclinaison de cette méthode au modèle de colis TN 9-4 sont examinés ci-après, les recommandations de l'avis précité s'appliquant par ailleurs.

La méthode présentée par le requérant vise à établir un système d'inéquations permettant à un expéditeur de justifier le respect des débits de doses maximaux réglementaires à partir des caractéristiques réelles des assemblages devant être transportés. Cette vérification est réalisée avant le chargement de l'emballage. Ces systèmes d'inéquations reposent sur des ratios, associés aux différents types de rayonnements ionisants (neutrons, gamma primaires du combustible, gamma liés à

l'activation des matériaux...), permettant de comparer les activités des assemblages combustibles devant être transportés à des termes sources dits de référence. La somme de ces ratios pour tous les types de rayonnement doit être inférieure ou égale à 0,95 (prise en compte d'une marge forfaitaire pour le modèle de colis TN 9/4).

Le requérant considère dans sa méthodologie uniquement les critères réglementaires au contact du colis en conditions de transport de routine et à une distance d'un mètre en conditions accidentelles de transport. Ainsi, le critère d'intensité maximale de rayonnement en conditions de transport de routine à une distance de 2 m du véhicule n'est pas intégré. A cet égard, dans une lettre d'octobre 2016, l'ASN a indiqué que le requérant devait évaluer, dans le dossier de sûreté, l'intensité de rayonnement à 2 m du véhicule pour le contenu maximal et que dans le cas où le débit de dose associé au contenu maximal autorisé serait supérieur à 0,1 mSv/h à 2 m, il devrait préciser, dans la notice d'utilisation de l'emballage, les dispositions que l'expéditeur devra prendre pour s'assurer de cette limite avant le chargement du contenu dans le colis. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2.1 présentée en annexe 1.**

.

Enfin, l'IRSN considère que le requérant devra constituer un retour d'expérience de la méthode en comparant, lors des premiers transports du modèle de colis TN 9/4, les débits d'équivalent de dose mesurés à ceux évalués à partir des termes des inéquations de transport. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2.2 présentée en annexe 1.**

Sûreté-criticité

L'analyse de sûreté-criticité du modèle de colis TN 9/4 repose sur l'étude du colis isolé et du réseau infini de colis dans les deux configurations suivantes :

- le contenu est considéré ruiné en présence d'une quantité d'eau limitée à 2 litres dans la cavité du colis ;
- le contenu est considéré intègre en présence d'une quantité d'eau quelconque dans la cavité du colis.

Par rapport à la précédente demande de prorogation d'agrément, cette analyse n'a pas été modifiée. En outre, le requérant vérifie que la quantité d'eau résiduelle présente dans les « crayons d'eau » n'est pas de nature à mettre en cause les hypothèses retenues. Par ailleurs, pour les configurations étudiées, les critères d'admissibilité usuellement retenus sont respectés.

Les justifications transmises n'appellent pas de remarque de l'IRSN. Toutefois, l'IRSN estime que la mention indiquant que « la démonstration de la sous-criticité du colis est réalisée avec une quantité d'eau limitée » devrait être ajoutée dans le projet de certificat d'agrément. Le requérant a donné son accord sur ce point.

Radiolyse

Le requérant a présenté, au cours de l'instruction, des justifications complémentaires visant à démontrer l'absence de risque de création d'une atmosphère inflammable dans la cavité du colis, liée à la radiolyse d'une quantité d'eau résiduelle à l'issue des opérations de séchage. Cette analyse a été

réalisée en considérant la pression de remplissage de la cavité, le gaz de remplissage et la quantité d'eau résiduelle déterminée en tenant compte de la présence des « crayons d'eau ».

L'analyse réalisée n'appelle pas de remarque. Dans l'attente de son intégration dans le dossier de sûreté, l'IRSN estime qu'il devrait être spécifié dans le projet de certificat d'agrément du colis les hypothèses associées. Le requérant n'a pas donné son accord sur cet ajout.

En outre, l'intégration de l'analyse du risque de radiolyse dans le dossier de sûreté fait l'objet de l'observation n° 4.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

Enfin, la quantité d'eau présente dans les « crayons d'eau » non débouchants repose sur des essais de séchage. L'extrapolation des résultats de ces essais à la configuration de chargement du modèle de colis TN 9/4 n'est pas complètement justifié. Toutefois, ces essais ont été réalisés sans simuler la puissance thermique des crayons combustibles, ce qui amène à l'existence de marges. Néanmoins, l'IRSN estime que la société AREVA TN devrait confirmer formellement le volume d'eau résiduelle présent dans les « crayons d'eau » non débouchants. Ceci fait l'objet de l'observation n° 5.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

Fabrication, utilisation et maintenance

A l'égard du risque de rupture brutale de vis de fixation des capots, l'IRSN estime que le requérant devrait, pour la prochaine demande de prorogation d'agrément du colis, préciser dans le chapitre du dossier de sûreté, les opérations de dégazage réalisées sur ces vis lors de leur fabrication. Il conviendrait également de préciser que l'utilisation d'acide pour la préparation des surfaces est exclue. Ceci fait l'objet de l'observation n° 6.1 présentée en annexe 3 du présent avis.

Les contrôles de la pression de la cavité de l'emballage réalisés lors des opérations de séchage du colis, figurant dans les instructions d'utilisation du dossier de sûreté du modèle de colis TN 9/4, ont été modifiées par le requérant. Le double contrôle, auparavant assuré par l'utilisation de deux chaînes de mesures de pression, a été supprimé. L'IRSN estime que le requérant devrait maintenir ce type de double contrôle. Au cours de l'instruction, le requérant a transmis une mise à jour du dossier de sûreté intégrant ce point. Il a notamment intégré dans cette dernière les nouvelles valeurs de pression de remplissage de l'enceinte primaire et secondaire ainsi que le nouveau taux de fuite des enceintes primaire et secondaire du colis mesuré avant transport égal à 7.10^{-4} Pa.m³.s⁻¹ (SLR). Ceci est satisfaisant.

Pour ce qui concerne l'application de la méthode de détermination du contenu admissible au regard des exigences de radioprotection, l'IRSN estime que le requérant devra préciser, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif aux conditions d'utilisation des modèles de colis concernés, les dispositions retenues pour l'utilisation du système d'inéquations avant chargement des assemblages combustibles. À cet égard, le requérant devra préciser que les incertitudes des calculs d'évolution définissant les termes sources de ces assemblages devront être prises en compte. Ces points font l'objet de la recommandation n° 3.1 présentée en annexe 1.

Par ailleurs, dans l'attente de la révision du dossier de sûreté, l'IRSN estime que les exigences complémentaires liées à l'utilisation du colis identifiés au cours de l'instruction devraient être mentionnées dans le projet de certificat d'agrément. **Une proposition de mise à jour du projet de certificat d'agrément en ce sens est présentée en annexe 2 au présent avis.** Le requérant n'a pas donné son accord sur ce point.

Enfin, le requérant a transmis le retour d'expérience acquis, entre 2012 et 2015, lors des opérations d'exploitation et de maintenance du modèle de colis TN 9/4 à partir duquel il a mis à jour son dossier de sûreté. Ce retour d'expérience n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Conclusion

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par la société AREVA TN, 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 pour matière fissile. Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devra prendre en compte la recommandation 1.3 figurant en annexe 1 au 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. Enfin, 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

à l'avis IRSN n° 2016-00403 du 16 décembre 2016

Recommandations de l'IRSN

- 1 Annexe 1
Comportement mécanique du colis
 - 1.1 Revoir le recalage du modèle numérique simulant le comportement des blocs de bois des capots en tenant compte :
 - a. d'une contrainte d'écrasement égale à celle des blocs de bois présents dans la structure des capots amortisseurs de la maquette utilisée lors des essais ;
 - b. de la température des blocs de bois de la maquette qui avait été préchauffée avant la réalisation de l'essai.
 - 1.2 Confirmer l'absence de talonnement des blocs de bois du capot du colis à l'issue des chutes libres de ce dernier en positions inclinée et axiale par calculs numériques, à la température maximale atteinte en CNT et s'appuyer sur un modèle numérique recalé sur la base des essais de chutes.
 - 1.3 Évaluer le maintien du confinement du modèle de colis en cas d'impact différé du contenu, en particulier le comportement des vis de fixation du couvercle de l'emballage et de la bride du canister, dans les configurations de chutes libres de ce dernier en positions axiale ou inclinée avec un impact côté tête, en considérant le décalage le plus pénalisant possible de chaque élément du chargement (assemblages et panier). Dans ce cadre, au regard de la valeur minimal du jeu entre les assemblages combustibles et le couvercle de fermeture de l'enceinte interne de l'ordre de 50 mm, veuillez mettre en place un système de cale dans les logements du panier afin de réduire les conséquences potentielles d'un impact décalé des assemblages combustibles sur le couvercle de fermeture de l'enceinte interne.
- 2 Radioprotection
 - 2.1 Évaluer, dans le dossier de sûreté, l'intensité de rayonnement à 2 m du véhicule pour le contenu maximal et dans le cas où le débit de dose associé au contenu maximal autorisé est supérieur à 0,1 mSv/h à 2 m, préciser, dans la notice d'utilisation de l'emballage, les dispositions que l'expéditeur devra prendre pour s'assurer de cette limite avant le chargement du contenu dans le colis.
 - 2.2 Constituer un retour d'expérience de la méthode en comparant, lors des premiers transports du modèle de colis TN 9/4, les débits d'équivalent de dose mesurés à ceux évalués à partir des termes des inéquations de transport.
- 3 Fabrication, utilisation, maintenance
 - 3.1 Concernant l'application de la méthode de détermination du contenu admissible au regard des exigences de radioprotection, préciser, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif aux conditions d'utilisation du colis, les dispositions retenues pour l'utilisation du système d'inéquations avant chargement des assemblages combustibles. À cet égard, préciser que les incertitudes des calculs d'évolution définissant les termes sources de ces assemblages devront être prises en compte.

à l'avis IRSN n° 2016-00403 du 16 décembre 2016

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

1 ~~Annexe 0~~ ^{Annexe 2} - paragraphe 2

Spécifier les points suivants :

À l'issue de la phase de séchage de la cavité, celle-ci doit être remplie d'hélium à minima jusqu'à la pression atmosphérique avant d'être mise en dépression à 200 mbar.

De plus, en préalable du chargement, le respect des critères réglementaires relatifs aux débits d'équivalent de dose en prenant en compte les caractéristiques réelles du contenu prévu d'être chargé, doit être vérifié notamment au niveau de la zone radiale au niveau des tourillons (zone pour laquelle le débit d'équivalent de dose est susceptible d'être maximum).

2 Annexe 1 - paragraphe 1

Spécifier que (les modifications sont notées en gras) : « Le cas échéant ces zones non débouchantes sont percées à une hauteur inférieure ou égale à 60 mm à partir de l'extrémité basse de la zone non débouchante. **Les crayons d'eau présentent un diamètre interne minimal égal à 10,1 mm et les trous de perçage ont un diamètre minimal égal à 2 mm.** »

3 Annexe 1 - paragraphe 4

Spécifier que : « La démonstration de la sous-criticité du colis est réalisée avec une quantité d'eau limitée. »

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

- 1 ^{Annexe 3} Comportement mécanique du colis
- 1.1 Evaluer la tenue à la fatigue des systèmes d'arrimage et de manutention en considérant la contrainte moyenne (non nulle), pour les différentes opérations de transport et de manutention.
 - 1.2 Evaluer les dommages mécaniques du colis en tenant compte du cumul des épreuves de chutes simulant les conditions normales et accidentelles de transport.
 - 1.3 Concernant l'analyse du comportement du colis lors d'une chute libre d'une hauteur de 9 m, de ce dernier en position quasi-horizontale avec impact sur la génératrice des tourillons :
 - a. démontrer que l'accélération maximale du colis en tenant compte des propriétés mécaniques du bois à -40°C resterait bien inférieure à celle évaluée en considérant un impact sur tourillon à température ambiante ;
 - b. pour ce qui concerne le risque d'impact des tourillons à la température maximale atteinte en CNT, compléter l'analyse en évaluant explicitement l'énergie reprise par les tourillons et l'accélération du colis qui en résulte.
 - 1.4 Concernant la loi utilisée pour simuler le comportement du bois des capots :
 - a. justifier que la valeur de la masse volumique de la cellulose prise en compte ne met pas en cause le conservatisme des calculs des accélérations et des déformations maximales ;
 - b. prendre en compte la dispersion naturelle des propriétés du bois au sein d'un lot et entre les lots dans les essais de caractérisation de l'écrasement du bois et dans la modélisation numérique à l'échelle 1 de la chute du colis ;
 - c. évaluer l'influence, sur les résultats obtenus par calculs, de l'écart entre la valeur de la contrainte d'écrasement à compaction maximale du bois mesurée expérimentalement et celle prise en compte dans la loi de comportement du bois dans la direction perpendiculaire aux fibres.
- 2 Comportement thermique du colis
- 2.1 Justifier que les hypothèses de dispersion de la matière radioactive dans la cavité retenue pour évaluer le comportement thermique du colis en CAT sont conservatives. Le cas échéant, tenir compte dans les démonstrations de sûreté d'une dispersion de l'ensemble de matière radioactive dans la cavité du colis à l'issue des épreuves réglementaires simulant les conditions accidentelles de transport.
 - 2.2 Concernant l'endommagement des capots amortisseurs à l'issue d'un poinçonnement, appliquer sur toutes les surfaces du trou de poinçon exposées aux flammes, un coefficient d'échange convectif simulant des échanges forcés. À cet égard, prendre un coefficient d'échange par convection forcée dans un trou non débouchant justifié et à défaut, considérer un coefficient égal à $10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

3 Confinement

- 3.1 Intégrer dans le dossier de sûreté, une analyse du taux de compression des joints d'étanchéité qui équipent les composants de fermeture de l'enveloppe de confinement du colis.

4 Radiolyse

- 4.1 Intégrer l'analyse du risque de radiolyse dans la prochaine révision du dossier de sûreté.

5 Séchage de la cavité

- 5.1 Confirmer formellement le volume d'eau résiduelle présent dans les crayons d'eau non débouchants qui sont percés à une hauteur inférieure à 60 mm et de dimensions telles que spécifiées dans le projet de certificat d'agrément.

6 Fabrication, utilisation, maintenance

- 6.1 Détailler dans la prochaine révision du dossier de sûreté, les opérations de dégazage réalisées sur les vis de fixation des capots et préciser que l'utilisation d'acide pour la préparation des surfaces est exclue.