

Fontenay-aux-Roses, le 3 juillet 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2015-226

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 117 chargé d'assemblages combustibles de type REP ou REB à oxyde d'uranium ou oxyde mixte uranium-plutonium

Réf.

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2014-045140 du 9 octobre 2014
2. Lettre ASN CODEP-DTS-2014-006700 du 15 juillet 2014
3. Lettre ASN CODEP-DTS-2011-019333 du 4 avril 2011
4. Règlement de transport de l'AIEA, SSR-6, édition de 2012
5. Guide d'application du règlement de transport de l'AIEA, SSG-26, publié en 2014

Par lettre citée en première référence, les services de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont demandé l'avis et les observations de l'IRSN sur la demande de prorogation d'agrément présentée par la société AREVA TN, ci-après dénommée le requérant, pour l'emballage TN 117.

Cette demande concerne le transport, par voies terrestres, fluviales et maritimes, du modèle de colis TN 117 chargé d'assemblages combustibles, à base d'oxyde d'uranium (UO₂) et d'oxyde mixte d'uranium-plutonium (MOX), irradiés ou non dans un des réacteurs italiens à eau pressurisée ou bouillante (REP ou REB) ou de crayons ou tronçons de crayons.

Dans ce cadre, le requérant a demandé la prorogation et l'extension des certificats d'agrément en vigueur, afin de réaliser les transports du modèle de colis TN 117 chargé :

- des contenus n° 1 à 5, sans présence de crayons inétanches, en tant que colis de type B(U) pour matière fissile ;
- des contenus n° 1 à 3 et 5, similaires aux précédents, ainsi que le contenu n° 4 qui inclut jusqu'à 65 crayons inétanches au lieu de 64 actuellement, en tant que colis de type B(M) pour matière fissile. À cet égard, le requérant spécifie des modalités d'expédition pour limiter la durée maximale entre la fermeture et l'ouverture de l'enveloppe de confinement à 60 jours.

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

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Comportement mécanique du colis

Conditions de transport de routine

L'analyse de la tenue mécanique des organes d'arrimage et de manutention du colis aux sollicitations statiques rencontrées dans les conditions de transport de routine n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

L'IRSN n'a pas non plus de remarque relative à l'analyse de la tenue à la fatigue des tourillons.

Concernant la tenue à la fatigue des organes d'arrimage du colis lors des transports en mer, l'IRSN estime que les niveaux de sollicitations retenus par le requérant pourraient être sous-estimés. Cette problématique a été évoquée au sein des groupes de travail spécifiques qui ont été initiés respectivement par l'ASN et l'AIEA, au sujet des sollicitations d'arrimage des colis, mais cela n'a pas permis d'identifier une démarche d'analyse à recommander pour le cas de la tenue à la fatigue en transport maritime. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra, à terme, lorsque les groupes de travail auront rendu leurs conclusions définitives, compléter ses démonstrations de sûreté.

Conditions normales et accidentelles de transport

Compte tenu des justifications transmises par le requérant au cours des précédentes expertises, l'IRSN n'a pas de remarque complémentaire sur le comportement mécanique du colis à l'issue des épreuves de chute.

Risque de rupture fragile

Le requérant n'a pas apporté d'élément de justification complémentaires dans le cadre de la présente demande d'agrément du colis.

Conformément aux conclusions de ses précédentes expertises, l'IRSN considère que le requérant devrait réviser l'analyse de la rupture brutale afin de démontrer l'absence de déformation plastique dans la zone où est postulé le défaut. En l'absence de telles justifications, sa méthodologie d'analyse devrait être revue :

- soit en réalisant un nouveau calcul numérique de chute en tenant compte d'un comportement élastique linéaire du matériau. Les contraintes obtenues seraient utilisées pour l'évaluation du facteur d'intensité de contrainte avec une méthode analytique. La plasticité serait prise en compte par la méthode de « correction plastique » codifiée dans le RCC-M avec la valeur de limite d'élasticité dynamique de l'acier constituant l'emballage ;
- soit en calculant l'intégrale J (intermédiaire de calcul permettant de déterminer le facteur d'intensité de contrainte) grâce à un bloc fissuré inséré dans le modèle numérique utilisé pour le calcul de chute réalisé avec un modèle de comportement élastoplastique pour la virole et le fond.

Comportement thermique

Le requérant a évalué le comportement thermique du modèle de colis en considérant une puissance thermique totale des contenus supérieure d'un facteur 1,3 à celles des assemblages combustibles spécifiées dans les projets de certificat d'agrément.

De plus, le requérant a considéré de manière conservatrice que le panier et les assemblages combustibles étaient calés contre le couvercle primaire afin de maximiser la température des joints d'étanchéité qui équipent le système de fermeture de la cavité.

Conditions normales et accidentelles de transport

Le requérant a évalué les températures des différents éléments du modèle de colis TN 117 dans toutes les conditions de transport.

Il a notamment étudié le comportement thermique du colis en position horizontale durant l'épreuve thermique en conditions accidentelles de transport.

À cet égard, l'IRSN note que le requérant a considéré que les capots amortisseurs étaient adiabatiques, excepté la zone d'impact du poinçon à l'issue de la chute de 1 m situé sur la périphérie de la virole côté tête, lors de l'épreuve réglementaire d'incendie (feu de 800°C pendant 30 minutes).

L'IRSN considère que l'hypothèse de surfaces adiabatiques, entre les capots et le corps de l'emballage, n'est pas réaliste. L'endommagement des capots à l'issue des chutes conduira à réduire la résistance thermique de la protection en bois et la propagation des flux thermiques vers le corps du colis. De plus, le requérant devrait évaluer la température maximale des différents composants du modèle de colis TN 117 en considérant ce dernier dans la position la plus défavorable lors de la phase de refroidissement. À cet égard, le requérant devrait étudier la configuration du colis en position verticale qui est susceptible de réduire l'efficacité de la dissipation thermique par convection.

Toutefois, au regard des marges dégagées qui sont de l'ordre de 78°C, l'IRSN estime que les points précités ne devraient pas remettre en cause le comportement attendu pour les composants importants pour la sûreté du colis.

Confinement

Relâchement d'activité

Le requérant a démontré que le relâchement d'activité du colis chargé des différents contenus respectait les critères réglementaires avec au minimum un coefficient de sécurité de 11 en conditions normales de transport et de 457 en conditions accidentelles de transport.

L'IRSN note que les valeurs de taux de relâchement des gaz de fission hors du combustible prises en compte dans les démonstrations sont conformes à celles prescrites par l'ASN dans la lettre citée en deuxième référence. Toutefois, pour ce qui concerne les éléments combustibles sous forme de tronçons ou parties de crayons réassemblés et conditionnés dans un carquois (contenu n°5), l'IRSN considère que les gaz de fission présents dans le plénum des crayons devraient s'être échappés lors des découpes ou au cours de l'entreposage des tronçons, mais que la partie du combustible proche de la zone de découpe continue à dégazer des gaz de fission. Cependant, compte tenu des marges dégagées, l'IRSN estime que la prise en compte de ce phénomène ne remettrait pas en cause le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité du colis.

Pour ce qui concerne le relâchement par perméation du tritium au travers des joints en élastomère, le requérant devait justifier le conservatisme de la valeur retenue. À cet égard, le requérant a assimilé le tritium à de l'hélium, dont la représentativité n'est pas acquise. Le requérant

a indiqué en cours d'instruction que ce point sera traité dans le cadre de l'étude générique associée dès que les résultats d'essais seront disponibles.

Concernant le caractère enveloppe, en termes d'activité relâchée, des vecteurs isotopiques du plutonium, associés aux différents contenus, qui ont été utilisés pour déterminer les termes sources des contenus n°1, 4 et 5, le requérant indique que les études réalisées sont conservatives. Les hypothèses retenues permettent de couvrir les caractéristiques des contenus objets de la présente demande d'agrément.

L'IRSN estime que le requérant devrait transmettre des compléments afin de justifier le caractère enveloppe, en termes d'activité relâchée, des vecteurs isotopiques du plutonium utilisés dans l'étude de relâchement du colis chargé des contenus n°1, 4 et 5. Néanmoins, compte tenu des marges dégagées sur les valeurs de relâchement d'activité, l'IRSN considère que cette problématique ne met pas en cause la sûreté du modèle de colis TN 117.

Enfin, dans le cas du contenu n°4 qui peut contenir jusqu'à 65 crayons inétanches au chargement, l'IRSN note que le requérant a retenu un nombre de crayons relâchant des gaz de fission en conditions normales de transport égal à 39, soit 5 % du nombre total de crayons dans la cavité. L'IRSN considère que l'absence de gaz de fission dans les crayons inétanches au chargement ne peut pas être garantie et que leur risque d'endommagement et de relâchement est plus important que pour les crayons étanches au chargement. L'IRSN considère donc que le requérant devrait réévaluer les valeurs des relâchements d'activité en conditions normales de transport, dans le cas du contenu n°4 qui inclut 65 crayons inétanches au chargement, en considérant un nombre total de crayons relâchant des gaz de fission de 101, soit la totalité des 65 crayons inétanches cumulés à 5 % des crayons étanches au chargement.

Cependant, compte tenu des coefficients de sécurité dégagés, l'IRSN a vérifié que cette hypothèse ne remettrait pas en cause le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité du colis dans toutes les conditions de transport.

Évaluation de la quantité maximale d'eau dans la cavité

Le volume maximal d'eau susceptible d'être présent dans la cavité a été évalué par le requérant afin de justifier le conservatisme des hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté-criticité et de confinement.

Dans ce cadre, le requérant a évalué le volume d'eau dans la cavité du colis en tenant compte de :

- la pénétration d'eau maximale à l'issue des épreuves réglementaires d'immersion en conditions normales et accidentelles de transport (0,4 litre) ;
- l'eau présente dans le plenum des crayons inétanches (2,08 litres) ;
- l'eau résiduelle dans la cavité à l'issue de l'opération de séchage (0,017 litre). Ce volume correspond à la vapeur d'eau présente dans la cavité à la fin de l'opération de séchage.

Dans ces conditions, le requérant évalue le volume maximal d'eau dans la cavité à 2,5 litres.

Concernant la quantité d'eau résiduelle dans la cavité du colis à l'issue des opérations de séchage après chargement, l'IRSN considère qu'elle pourrait être sous-estimée et que le requérant

devrait apporter des éléments de justification supplémentaires afin de démontrer son caractère conservatif. Cette problématique est détaillée dans la suite du présent avis, dans le paragraphe concernant l'efficacité du séchage de la cavité du colis.

Radiolyse

Dans le cadre de la présente demande d'agrément du modèle de colis TN 117, le requérant a supprimé le contrôle systématique avant expédition du taux d'hydrogène produit par le chargement. En conséquence, le requérant analyse le risque lié à la radiolyse de l'eau résiduelle potentiellement présente dans le cas du transport du contenu n°4 avec 65 crayons inétanches. Dans cette configuration de chargement, au terme de la durée maximale de fermeture de l'enveloppe de confinement, de 60 jours et en considérant uniquement la première barrière de confinement, le requérant indique que la concentration maximale d'air dans la cavité est limitée à 4,5 %, ce qui permet d'exclure la création d'un milieu inflammable en se basant sur le domaine d'inflammabilité du dihydrogène dans une mélange gazeux hélium, dihydrogène et air.

À cet égard, le requérant détermine que dans un mélange d'hélium, de dihydrogène et d'air, à une température enveloppe de 300°C, la proportion minimale d'air pour l'atteinte de la limite inférieure d'inflammabilité (LII) de l'hydrogène est de 10 %. Il conclut donc que le risque de combustion du dihydrogène issu de la radiolyse de l'eau présente dans la cavité est écarté, quelle que soit la production de dihydrogène. Toutefois, l'IRSN note que le requérant n'a pas pris en compte la production de dioxygène issue de la radiolyse de l'eau dans les démonstrations du dossier de sûreté. Le requérant a transmis en cours d'instruction des justifications supplémentaires. Il évalue la proportion d'air dans la cavité après 60 jours de fermeture du colis à 0,3 % en considérant les deux barrières de confinement. De plus, il évalue la production de dioxygène par radiolyse de toute l'eau présente dans la cavité à l'issue du chargement du contenu n°4 avec 65 crayons inétanches et en déduit le proportion de dioxygène issue de la radiolyse à 6,3 %. En considérant, comme précédemment, le domaine d'inflammabilité du dihydrogène pour un mélange d'hélium, de dihydrogène et d'air, le requérant conclut que le risque de feu dans la cavité lié à la radiolyse de l'eau est écarté. L'IRSN rappelle que le diagramme délimitant le domaine d'inflammabilité du dihydrogène pour un mélange gazeux hélium, dihydrogène et air est ici inutilisable car les quantités de dioxygène, issue de la radiolyse et de la pénétration d'air, et de diazote, issue de la pénétration d'air, dans la cavité ne respectent pas les proportions de l'air. L'IRSN a évalué une quantité d'air équivalente contenant la même quantité de dioxygène que celle produite par radiolyse de l'eau. De cette manière, l'IRSN obtient un mélange hélium/dihydrogène/air avec des teneurs de gaz égales à 11,9 %/62,9 %/25,2 %. L'IRSN observe que cette composition est dans le domaine d'inflammabilité du dihydrogène. Par conséquent, l'IRSN considère que le requérant devrait apporter des éléments de justification complémentaires pour tenir compte de cette remarque. En l'absence d'élément complémentaire concernant cette problématique, l'IRSN recommande le maintien du contrôle de la vitesse de production d'hydrogène dans la cavité du colis avant expédition tel que formulé dans le certificat d'agrément en vigueur. Cette proposition de modification du projet de certificat, présentée en annexe 1 du présent avis, n'a pas fait l'objet d'un accord du requérant.

Radioprotection

Conditions de transport de routine

Le requérant a démontré que les intensités maximales de rayonnement au contact et au voisinage du modèle de colis TN 117 respectaient les critères réglementaires en conditions de transport de routine. Les études ont été réalisées en tenant compte d'un vieillissement de la protection neutronique en résine pour un emballage chargé durant 20 ans. Les intensités maximales de rayonnement du colis ainsi déterminées sont de $1,9 \text{ mSv.h}^{-1}$ au contact du colis et de $0,06 \text{ mSv.h}^{-1}$ à 2 m de la surface du colis. Elles respectent les limites réglementaires.

Enfin, comme indiqué précédemment, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier que les vecteurs isotopiques du plutonium utilisés pour déterminer les termes sources des contenus n°1, 4 et 5 sont enveloppes des caractéristiques maximales des contenus en termes de débits d'équivalent de dose. Toutefois au regard des marges dégagées, l'IRSN considère que cette problématique ne remet pas en cause la sûreté du modèle de colis TN 117.

Conditions normales de transport

Le requérant indique que les éléments de protection contre les rayonnements ionisants ne sont pas dégradés à l'issue des épreuves mécaniques simulant les conditions normales de transport. De ce fait, il considère que l'augmentation des intensités maximales de rayonnement au voisinage du colis ne sera pas supérieure à 20 %.

L'IRSN estime que le requérant devrait compléter ses démonstrations en justifiant que le déplacement maximal admissible des contenus dans la cavité de l'emballage n'induit pas une augmentation supérieure à 20 % des intensités maximales de rayonnement en conditions normales de transport par rapport à celles en conditions de transport de routine.

Conditions accidentelles de transport

En considérant, à l'issue des épreuves simulant les conditions accidentelles de transport, la disparition de la résine, des ailettes et des capots de protection, le requérant évalue l'intensité maximale de rayonnement à 1 m du colis à $5,04 \text{ mSv.h}^{-1}$ tous contenus confondus, qui respecte la limite réglementaire. Cette valeur est obtenue pour un chargement d'assemblages combustibles de type REB MOX.

Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

Sûreté-criticité

Les justifications présentées par le requérant concernant la sûreté-criticité du modèle de colis n'ont pas été révisées dans le cadre de la présente demande d'agrément. À cet égard, l'IRSN rappelle que le requérant devrait intégrer dans le dossier de sûreté les dimensions des plats en aluminium non boré situés en haut du panier, ainsi que la distance entre le haut des éléments combustibles et le couvercle de l'emballage, qui ont été retenues dans le modèle de calcul.

Utilisation

Contrôle de l'absence de corps étrangers dans la cavité

Concernant les dispositions visant à s'assurer de l'absence de corps étrangers dans la cavité du colis, le requérant indique qu'une vérification visuelle est réalisée pour les zones visibles de la cavité et du panier avant chargement des assemblages.

L'IRSN estime cependant que le requérant devrait spécifier dans le chapitre du dossier de sûreté, dédié à l'utilisation du modèle de colis, les dispositions complémentaires identifiées à ce jour dans le cadre du groupe de travail dédié à la propreté des cavités des colis. La société AREVA TN devrait notamment spécifier la limitation de la durée d'ouverture du colis lors des opérations de chargement ainsi qu'un contrôle renforcé de l'état de propreté de l'environnement du colis lors des opérations de chargement et de déchargement.

Durée des périodes d'aléas pour la limitation de la durée de transport

La limitation de la durée de transport du colis chargé du contenu n°4 contenant des crayons inétanches, inclut la prise en compte d'une période d'aléas de 14 jours pour les transports internationaux. Cependant, conformément aux prescriptions du guide du requérant cité en cinquième référence, des périodes d'aléas distinctes doivent être considérées pour les transports intracontinentaux (15 jours) et intercontinentaux (30 jours).

Aussi, avec l'accord du requérant, l'annexe t du projet de certificat concerné a été modifiée. La modification est présentée en annexe 1 du présent avis.

Efficacité du séchage de la cavité

Le requérant indique qu'aucun essai de qualification spécifique n'a été réalisé pour vérifier l'efficacité de la procédure de séchage de la cavité du modèle de colis TN 117. L'IRSN estime toutefois que le requérant devrait justifier l'efficacité de la procédure de séchage ainsi que la quantité résiduelle d'eau présente dans la cavité du colis à partir des résultats d'un essai représentatif en ce qui concerne les éléments chargés (aménagements internes et combustibles).

Prise en compte des incertitudes de mesure

L'IRSN considère que le requérant devrait prendre en compte les incertitudes de mesure lors des contrôles du séchage de la cavité et des débits d'équivalent de dose autour du colis et, le cas échéant, redéfinir des critères opérationnels adaptés.

Activité résiduelle dans la cavité

L'ASN a demandé au requérant, dans la lettre citée en troisième référence, de définir la méthode de contrôle de l'activité résiduelle dans la cavité d'un emballage vide (demande 3.5). À cet égard, le requérant a indiqué que ce contrôle était réalisé lors de leur passage en atelier de maintenance. Le REX montre, pour des emballages de la famille Mark II transportant des contenus plus irradiants que ceux du modèle de colis TN 117, que les valeurs d'activités internes résiduelles de ces emballages restent largement inférieures (facteur de sécurité de 5) à la limite de 7,4 TBq.

En complément, l'IRSN estime que le requérant devrait décrire la méthode de contrôle permettant de déterminer la valeur d'activité résiduelle dans la cavité d'un emballage vide.

Retour d'expérience

Au cours des opérations d'exploitation et de maintenance du modèle de colis entre 2011 et 2013, le requérant a détecté des défauts sur l'emballage, notamment des traces de corrosion sur les vis de fixation du couvercle primaire. À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait analyser les besoins de renforcement des procédés de séchage des surfaces externes de l'enveloppe de confinement du colis après fermeture.

De plus, en 2011, il a été constaté à l'issue des opérations de drainage de la cavité de l'emballage TN 117, l'absence du joint de l'outil de connexion au tube plongeur. Il a alors été considéré par défaut que le joint était tombé dans la cavité de l'emballage. Ce défaut a fait l'objet d'une information à l'ASN incluant une démonstration d'absence de risque d'inflammation des gaz de décomposition éventuels. Lors de l'inspection triennale aucun joint n'a été retrouvé. En 2010, un groupe de travail relatif à la propreté des cavités a été mis en place en collaboration avec l'usine de La Hague. Les conclusions de ce groupe devraient être appliquées aux opérations de chargement et de préparation des emballages TN 117. De plus, il devrait être recommandé au requérant de vérifier les possibilités d'amélioration de la géométrie de l'outil pour réduire les risques de perte du joint.

Conclusion

Compte tenu des justifications présentées par la société AREVA TN, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 117, chargé d'assemblages combustibles neufs ou irradiés de type REP, REP cruciformes et REB, dont les crayons sont étanches, et de carquois contenant des crayons et/ou segments de crayons, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) chargés de matières fissiles.

L'IRSN considère également que le modèle de colis TN 117, chargé d'assemblages combustibles REB avec jusqu'à 65 crayons inétanches au chargement dans la cavité, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(M) chargés de matières fissiles, sous réserve de prendre en compte les modifications du projet de certificat présentées en annexe 1 du présent avis, dont, en particulier, le contrôle avant expédition de la vitesse de production d'hydrogène en cas de transport de crayons inétanches.

Par ailleurs, l'IRSN estime que, pour améliorer ses démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations identifiées en annexe 2 du présent avis.

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

Annexe 1 à l'avis IRSN N° 2015-226 du 3 juillet 2015

Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat F/399/B(M)F-96T (Bg) transmis par le
requérant

Les modifications en gras, présentées ci-dessous, n'ont pas été acceptées par le requérant.

1. Annexe t

1.1. Remplacement de la mention :

« Dans le cadre de transport d'au moins un crayon inétanche pour le contenu n°4, la durée maximale séparant la fermeture de l'enveloppe de confinement et son ouverture est de 60 jours »,

par la mention :

« L'expéditeur réalise systématiquement avant chaque transport de l'emballage contenant au moins un crayon inétanche une (ou des) mesure(s) du taux de dihydrogène présent dans le ciel gazeux de la cavité de l'emballage.

Cette (ou ces) mesure(s) est (sont) réalisée(s) au minimum deux jours après la fermeture de l'enveloppe de confinement de l'emballage et après les opérations de séchage et de mise en dépression de la cavité. La (ou les) mesure(s) est (sont) effectuée(s) lorsque l'emballage est en position verticale.

Une extrapolation linéaire entre le temps zéro (fermeture de la cavité) et la dernière mesure du taux de dihydrogène dans la cavité (incertitudes comprises) conduit l'expéditeur à déterminer la durée maximale séparant la fermeture de l'enveloppe de confinement et son ouverture afin que le taux de dihydrogène ne dépasse pas le seuil d'inflammabilité (LII) de 2,8 %.

Cette durée ne doit pas excéder 60 jours. Dans le cas contraire, la durée maximale séparant la fermeture de l'enveloppe de confinement et son ouverture est de 60 jours. »

1.2. Modification des temps de transport et des périodes d'aléas :

« Le temps prévu pour le transport compté à partir de la fermeture de l'enveloppe de confinement de l'emballage jusqu'à l'arrivée au site destinataire ne doit pas dépasser cette durée maximale diminuée de :

- 14 jours pour les transports nationaux,
- 21 jours pour les transports intracontinentaux (cas d'un transport de l'Italie vers la France),
- 37 jours pour les transports intercontinentaux.

En cas d'aléa, il est admis une période complémentaire de :

- 7 jours pour les transports nationaux,
- 14 jours pour les transports intracontinentaux,
- 30 jours pour les transports intercontinentaux.

L'expéditeur devra alors prendre les dispositions nécessaires pour garantir la finalisation du transport avant l'expiration de cette période complémentaire. »

Annexe 2 à l'avis IRSN N° 2015-226 du 3 juillet 2015

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

1. Mécanique

1.1. Rupture brutale

Justifier l'absence de plastification dans les zones considérées pour le calcul du facteur d'intensité de contrainte. À défaut :

- soit, réaliser un nouveau calcul numérique de chute avec un comportement élastique linéaire pour la virole et le fond. Utiliser les contraintes obtenues pour l'évaluation du facteur d'intensité de contrainte avec une méthode analytique. La plasticité sera prise en compte par les méthodes codifiées avec la valeur de limite d'élasticité dynamique;
- soit, calculer l'intégrale J (intermédiaire de calcul permettant de déterminer le facteur d'intensité de contrainte) grâce à un bloc fissuré inséré dans le modèle numérique utilisé pour le calcul de chute réalisé avec un modèle de comportement élastoplastique pour la virole et le fond.

2. Thermique

- 2.1. Démontrer que les transferts thermiques dans les capots amortisseurs du colis ne sont pas de nature à entraîner une augmentation de la température des composants importants pour la sûreté du colis à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie.
- 2.2. Démontrer que la prise en compte des échanges convectifs sur la surface externe du colis en position verticale lors de la phase de refroidissement du colis à l'issue de l'épreuve de feu n'est pas de nature à entraîner une température des composants du colis supérieure à celles déterminées dans l'étude du comportement thermique du colis.

3. Confinement

3.1. Relâchement d'activité

- a. Réévaluer le relâchement d'activité du colis chargé de tronçons de crayons réassemblés en considérant un taux de relâchement des gaz de fission en dehors de la matrice combustible égal à 50 %.
- b. Justifier que le coefficient de perméation de l'hélium au travers des joints en élastomère permet de couvrir celui du tritium.
- c. Justifier le caractère enveloppe, en termes d'activité relâchable, des vecteurs isotopiques du plutonium retenus dans l'étude de relâchement d'activité du colis chargé des contenus n° 1, 4 et 5.
- d. Réévaluer les valeurs des relâchements d'activité, en conditions normales de transport, du colis chargé du contenu n° 4 contenant 65 crayons inétanches au chargement en considérant un nombre total de crayons relâchant les gaz de fission égal à 101 (65 crayons inétanches au chargement plus 5 % des crayons réputés sains).

- 3.2. Étudier le risque de combustion dans la cavité du dihydrogène issue de la radiolyse de l'eau en considérant la pénétration d'air après 60 jours de fermeture du colis, la production de dioxygène issue de la radiolyse de l'eau et d'une définition de la limite inférieure d'inflammabilité tenant compte du surplus de dioxygène dans la cavité par rapport au diazote.
4. Radioprotection
 - 4.1. Justifier que les vecteurs isotopiques du plutonium retenus pour déterminer les termes sources des contenus n°1, 4 et 5 sont enveloppes des contenus maximaux en termes de débits d'équivalent de dose.
 - 4.2. Justifier que le déplacement maximal admissible des contenus dans la cavité de l'emballage n'induit pas une augmentation supérieure à 20 % des intensités maximales de rayonnement en conditions normales de transport par rapport à celles en conditions de transport de routine.
5. Sûreté-criticité

Intégrer dans le dossier de sûreté les dimensions retenues dans l'étude des plats en aluminium non boré situés en haut du panier et la distance considérée entre le haut des éléments combustibles et le couvercle de l'emballage qui ont été retenues dans le modèle de calculs.
6. Utilisation
 - 6.1. Spécifier dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à l'utilisation du modèle de colis :
 - a. les dispositions complémentaires identifiées dans le cadre du groupe de travail dédié à la propreté des cavités des colis. Spécifier notamment la limitation de la durée d'ouverture de la cavité du colis lors des opérations de chargement ainsi qu'un contrôle renforcé de l'état de propreté de l'environnement du colis lors des opérations de chargement et de déchargement.
 - b. les mesures opérationnelles prises pour s'assurer de l'absence d'eau sur les surfaces du colis hors cavité.
 - c. les durées maximales de transport en tenant compte des périodes d'aléas telles que spécifiées dans le guide du requérant.
 - 6.2. Qualifier expérimentalement la procédure de séchage de la cavité du modèle de colis TN 117, afin de justifier le volume maximum d'eau résiduelle garanti après séchage de la cavité du colis.
 - 6.3. Étudier la faisabilité d'un critère de remontée de pression de 1 mbar en 30 min, pour garantir l'efficacité du séchage de la cavité.
 - 6.4. Prendre en compte les incertitudes de mesure lors des contrôles du séchage de la cavité et des débits d'équivalent de dose autour du colis. Le cas échéant, redéfinir les critères opérationnels en tenant compte de ces incertitudes.
7. Retour d'expérience
 - 7.1. Rechercher l'origine des défauts relevés au cours des opérations d'exploitation et de maintenance du modèle de colis et mettre en place, le cas échéant, des actions visant à prévenir leur répétition, notamment s'agissant de la présence d'humidité sur les surfaces externes de l'emballage, de la corrosion des vis du couvercle primaire et de la perte du joint de l'outil de connexion au tube-plongeur.