

Fontenay-aux-Roses, le 15 juin 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-163

Objet : Transport - Validation - Emballages Traveller (STD et XL) chargés d'un assemblage combustible REP UO₂ ou de crayons combustibles (UO₂ ou U₃Si₂) non-irradiés

Réf. 1. Saisine ASN CODEP-DTS-2017-034601 du 28 août 2017
2. Règlement de transport de l'AIEA, n° 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 la demande de validation d'agrément présentée par la société Westinghouse Electric pour les modèles de colis Traveller STD et Traveller XL.

Les modèles de colis Traveller STD et XL sont agréés par l'Autorité compétente des États-Unis en tant que colis de type A chargé de matière fissile pour le transport par voies terrestre ou maritime de combustible neuf selon deux certificats. Le premier certificat, émis aux États-Unis en 2014 et validé en France en 2015, couvre le transport d'un assemblage à base d'oxyde d'uranium UO₂ destiné à un réacteur à eau pressurisée (dit combustible REP UO₂) non irradié ou de crayons combustibles non irradiés à base d'oxyde d'uranium UO₂ placés dans un tube à crayons. Le deuxième certificat, émis aux États-Unis en 2017, couvre, en plus des contenus du premier certificat, le transport de crayons combustibles à base de siliciure d'uranium U₃Si₂ placés dans un tube à crayons.

La demande du requérant concerne la validation du certificat émis en 2017. De plus, le requérant a modifié les démonstrations de sûreté des modèles de colis, notamment dans le domaine de la sûreté-criticité, afin de répondre aux demandes formulées par l'ASN lors de la validation d'agrément de 2015.

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

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

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1 Description de l'emballage

Les emballages Traveller existent en trois versions (STD, XL et VVER). Toutefois, les emballages VVER n'étant pas destinés au transport sur le territoire français, seules les versions STD et XL font l'objet de la présente expertise.

Les versions STD et XL de l'emballage Traveller ne diffèrent que par leurs dimensions. L'emballage est constitué de deux parties principales : une coque externe et une enveloppe interne. La coque externe, de forme cylindrique, assure la protection mécanique et thermique du contenu et se compose de deux moitiés inférieure et supérieure, chaque moitié étant constituée d'une enveloppe en acier inoxydable remplie de mousse. L'enveloppe interne, de forme parallélépipédique, protège mécaniquement le contenu. La coque externe est équipée de quatre paires d'oreilles pour le levage à quatre points et deux passages de fourche pour le levage par chariot élévateur. L'arrimage est effectué via des sangles passant par le dessus du colis et par les chaînes qui passent à travers les pieds du colis.

Dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément, le requérant n'a pas modifié le concept des emballages Traveller STD et XL.

1.2 Description des contenus

Le contenu transporté par les modèles de colis Traveller STD et XL est du combustible non irradié qui se présente sous la forme :

- soit d'un assemblage combustible à base d'oxyde d'uranium UO_2 destiné à un réacteur à eau pressurisée (REP) ;
- soit de crayons combustibles non assemblés à base d'oxyde d'uranium UO_2 ou de siliciure d'uranium U_3Si_2 chargés dans un tube à crayons.

Le taux d'enrichissement massique maximal en ^{235}U du combustible est égal à 5 %. L'uranium utilisé n'est pas issu du traitement des combustibles usés. La présence de plutonium ou de produits de fission n'est pas autorisée. La gaine des crayons combustibles est en alliage de zirconium.

Différents types d'assemblages peuvent être transportés par les modèles de colis Traveller. Ces types d'assemblages n'ont pas évolué par rapport au certificat en vigueur. Cependant, leur présentation a évolué. Les assemblages sont désormais divisés en deux groupes, définis en fonction de leur indice de sûreté-criticité (CSI). Chaque groupe est scindé en classes d'assemblages partageant les mêmes paramètres principaux (taille de réseau, pas nominal, motif de crayons et de « trous d'eau » au sein du réseau). Le motif des crayons combustibles et des « trous d'eau » au sein du réseau de crayons n'étant pas spécifié dans le certificat d'agrément américain, l'IRSN propose de modifier le projet de certificat de validation d'agrément afin de spécifier ces paramètres qui interviennent dans les justifications de sûreté-criticité. Le requérant n'a pas formulé de remarque concernant cette proposition de modification.

Le transport de crayons combustibles non assemblés à base d'oxyde d'uranium UO_2 chargés dans un tube à crayons est déjà autorisé par le certificat en vigueur. Dans le cadre de la présente instruction, le requérant demande l'intégration du nouveau type de crayon combustible à base de siliciure d'uranium U_3Si_2 . Le transport des crayons U_3Si_2 est autorisé uniquement dans l'emballage Traveller STD avec un nombre limité de crayons. Le certificat émis

par l'Autorité américaine n'indique pas explicitement si le mélange de crayons UO_2 et U_3Si_2 est autorisé ou non. Toutefois, ce mélange n'étant pas pris en compte dans les justifications de sûreté présentées par le requérant, l'IRSN propose de modifier le projet de certificat, pour interdire le mélange de crayons de nature différente. Cette proposition n'a pas soulevé de remarque du requérant au cours de l'instruction.

2 DEMONSTRATIONS DE SURETE

Les justifications de sûreté des modèles de colis Traveller reposent sur des essais de chute et une épreuve thermique réalisés en 2003 et 2006, complétés par des évaluations numériques.

Les essais de 2003 ont été réalisés avec une maquette d'emballage Traveller XL chargé d'une maquette d'assemblage. Les essais de 2006 visaient la qualification du tube à crayons. Ces essais et les justifications complémentaires du requérant montrent un bon comportement global du modèle de colis en conditions accidentelles de transport : l'emballage Traveller ne présente que des déformations locales à l'issue des chutes. Une partie des crayons présente des ruptures de gaine qui sont prises en compte notamment dans les études de criticité.

En ce qui concerne la radioprotection du modèle de colis, compte tenu de la nature du contenu (assemblages combustibles neufs à dioxyde d'uranium enrichi à moins de 5 % en ^{235}U), les débits d'équivalents de dose en conditions de transport de routine au contact et à un mètre du colis sont très inférieurs aux critères réglementaires (respectivement, 2 $mSv.h^{-1}$ et 0,1 $mSv.h^{-1}$).

À cet égard, l'évolution demandée par le requérant du contenu transporté par les modèles de colis Traveller (crayons combustibles à base de siliciure d'uranium U_3Si_2) n'est pas de nature à modifier les conclusions des justifications présentées concernant notamment le comportement thermique du modèle de colis et la radioprotection.

À l'issue de la précédente expertise réalisée par l'IRSN de validation d'agrément, des demandes de compléments de justification ont été formulées par l'ASN concernant les études de comportement mécanique et la démonstration de sûreté-criticité du modèle de colis Traveller. **Hormis les points évoqués ci-dessous, les réponses apportées par le requérant aux demandes de l'ASN n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

2.1 Comportement mécanique

Afin de répondre à la demande de l'ASN sur la tenue mécanique des soudures des oreilles de levage en conditions de transport de routine, le requérant a transmis une nouvelle évaluation de contrainte dans cette soudure. Il retient plusieurs hypothèses pénalisantes, dont un facteur de sécurité égal à trois, requis par la réglementation américaine, une répartition de l'effort sur deux oreilles afin de prendre en compte l'hyperstaticité d'un levage à quatre points. Cependant, il évalue la contrainte admissible à partir des caractéristiques de l'oreille et non celles de la soudure (qui sont moins élevées que celles de l'oreille) et sans prendre en compte l'influence sur ces caractéristiques de la température maximale atteinte par la soudure en conditions normales de transport. Pour l'IRSN, cela conduit à une contrainte admissible inférieure à la contrainte calculée par le requérant. Aussi, l'IRSN estime que la contrainte évaluée par le requérant dans la soudure est supérieure à la contrainte admissible. Toutefois, comme soulevé lors de la précédente instruction, la détermination de la contrainte dans les soudures repose sur des hypothèses pénalisantes (facteur de sécurité notamment) qui devraient être reconsidérées par le requérant. À cet égard, la prise en compte d'un facteur de charge justifié plus faible que la valeur retenue conduirait à limiter la valeur de

contrainte de cisaillement et serait, selon l'IRSN, proche de la valeur admissible. Aussi, pour l'IRSN, le requérant n'a pas répondu de façon satisfaisante à la demande de l'ASN concernant la tenue des soudures des oreilles de levage en cas de levage à l'arraché. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait revoir sa justification pour tenir compte des remarques formulées ci-dessous. Ceci fait l'objet de l'observation 1.1 mentionnée en annexe 2 au présent avis. En complément, l'IRSN estime que le requérant devrait prévoir, selon une périodicité à définir, un contrôle renforcé de l'état des soudures des oreilles de levage lors des opérations de maintenance des emballages (contrôle par ressuage par exemple) afin de détecter toute déformation. Ce point est repris au paragraphe 2.3 du présent avis.

Afin de répondre à la demande de l'ASN sur la tenue à la fatigue des soudures entre les pieds du colis et la tôle externe de l'emballage, le requérant a transmis une nouvelle évaluation des contraintes dans ces soudures. Cependant, l'approche retenue par l'exploitant n'est, selon l'IRSN, acceptable que pour les composants subissant un faible nombre de cycles (fatigue oligo-cyclique). Or, les pieds de l'emballage pouvant participer à l'arrimage du colis, l'IRSN estime que le nombre de sollicitations dépasse le cadre de la fatigue oligo-cyclique. Aussi, l'IRSN considère que le requérant n'a pas apporté d'éléments de réponse satisfaisants à la demande de l'ASN. Cependant, la contrainte alternée déterminée par l'exploitant repose sur des accélérations très pénalisantes. Ainsi, pour l'IRSN, le requérant devrait réviser les justifications de la tenue à la fatigue des soudures entre les pieds du colis et la tôle externe de l'emballage en prenant compte, d'une part des contraintes alternées basant sur les recommandations du groupe de travail de l'AIEA, d'autre part un nombre de cycles de sollicitations représentatifs des modes de transport du modèle de colis Traveller. Ceci fait l'objet de l'observation 1.2 mentionnée en annexe 2 au présent avis. En complément, l'IRSN estime que le requérant devrait également prévoir, selon une périodicité à définir, la réalisation d'un contrôle renforcé de l'état des soudures des pieds de l'emballage, lors des opérations de maintenance des emballages, afin de détecter une éventuelle amorce de fissure. Ce point est repris au paragraphe 2.3 du présent avis.

2.2 Sûreté-criticité

Dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément des modèles de colis Traveller STD et XL, les justifications de sûreté-criticité du dossier de sûreté ont été intégralement reprises par le requérant. Cette nouvelle démonstration de sûreté répond, de façon acceptable, aux demandes de l'ASN formulées à l'issue de la précédente expertise de la demande de validation d'agrément réalisée par l'IRSN. Dans le cadre de cette démonstration le requérant a :

- déterminé, pour chaque contenu (assemblage combustible ou tube à crayons) et chaque version de l'emballage Traveller (STD ou XL), une combinaison enveloppe dite « cas de référence » pour l'évaluation de la réactivité en configuration de colis isolé ou en réseau de colis ;
- effectué une analyse de sensibilité, pour le cas de référence, en faisant varier de manière indépendante les paramètres ayant une influence sur la réactivité du colis,
- analysé, pour le cas de l'emballage chargé d'un assemblage combustible, la dispersion de matières fissiles en dehors des gaines des crayons en conditions accidentelles de transport.

La valeur maximale de réactivité pour chaque configuration est alors obtenue en ajoutant, à la réactivité maximale de la configuration de référence, le cumul des augmentations de réactivité estimées à partir des études de sensibilité et de dispersion de matières fissiles dans le cas de l'emballage chargé d'un assemblage combustible. Les

critères d'admissibilité de réactivité retenus par le requérant tiennent compte du biais de qualification du schéma de calcul associé à chacun des contenus étudiés.

De l'évaluation réalisée, l'IRSN estime que les justifications de sûreté-criticité du modèle de colis Traveller présentées par le requérant sont globalement satisfaisantes. Toutefois, pour l'IRSN, des justifications complémentaires devraient être apportées par le requérant, dans le cadre de la prochaine demande de validation d'agrément.

Ainsi, concernant la modélisation de l'assemblage combustible en conditions accidentelles de transport, l'IRSN note que, par rapport à la précédente démonstration, le requérant prend en compte une hauteur réduite de la zone expansée des crayons combustibles, qui est fondée sur les résultats des essais de chute effectués. Or, cette hauteur est inférieure à celle habituellement retenue dans les pratiques de justification française de ce type de situation accidentelle. À cet égard, l'IRSN a vérifié qu'une expansion de l'assemblage sur une hauteur enveloppe n'est pas de nature à remettre en cause la sûreté du colis. **Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le caractère conservatif de la hauteur de la zone expansée retenue dans les démonstrations de sûreté-criticité au regard de la géométrie réelle des assemblages pouvant être transportés. Ce point fait objet de l'observation 2.1 présentée en annexe 2 au présent avis.**

Concernant l'analyse de l'impact de la dispersion de matières fissiles en dehors des crayons combustibles sur la réactivité du modèle de colis, le requérant n'a pas étudié la configuration du colis isolé dans la mesure où il estime que celle-ci est couverte par la configuration d'un réseau de colis. Or, pour l'IRSN, dans une telle configuration, un critère d'admissibilité plus pénalisant doit être retenu. **Aussi, L'IRSN estime que le requérant devrait compléter la démonstration du modèle de colis par l'étude de la configuration du colis isolé.** Par ailleurs, l'IRSN note que si le requérant a retenu une hypothèse pénalisante dans son étude concernant la masse de matières fissiles dispersée, certaines configurations de réseaux de colis pourraient conduire à des réactivités plus importantes que celles déterminées par le requérant (configuration sur deux niveaux des colis en réseau, compression axiale de la mousse de la coque externe, la matière fissile dispersée modélisée en vis-à-vis). À cet égard, l'IRSN a vérifié que la prise en compte de telles hypothèses ne serait pas de nature à mettre en cause la sûreté du modèle de colis. **Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter la démonstration de sûreté-criticité du modèle de colis sur ce point. Les deux points évoqués ci-dessus font objet de l'observation 2.2 présentée en annexe 2 au présent avis.**

2.3 Utilisation et maintenance

À l'issue de l'expertise de la précédente demande de validation d'agrément, l'ASN a demandé au requérant d'introduire, dans les opérations de maintenance, un contrôle de l'étanchéité des bouchons fusibles pour écarter toute modification du taux d'humidité de la mousse d'amortisseur présente dans la coque externe. À cet égard, le requérant a indiqué que les contrôles d'étanchéité des bouchons fusibles situés sur la coque externe ne sont pas prévus lors des opérations de maintenance du colis. Seul un contrôle visuel vérifiant l'absence d'introduction de matières étrangères dans la coque externe par les orifices d'évent est réalisé. En effet, le requérant précise qu'une entrée d'humidité n'est pas de nature à altérer les caractéristiques mécaniques et thermiques de la mousse présente dans la coque externe. En effet, selon le requérant, cette nuance de mousse a été retenue pour sa stabilité durant la durée de vie de l'emballage. L'IRSN estime que le requérant devrait compléter sa justification par un retour d'expérience de l'état des mousses relevé lors des maintenances des emballages Traveller. **En l'absence de tels éléments, l'IRSN considère qu'il serait souhaitable que le requérant prévoit un contrôle**

périodique de l'état des bouchons fusibles situés sur la coque externe pour écarter toute modification du taux d'humidité et de caractéristiques mécaniques de la mousse. Ceci fait l'objet des observations 3.2 et 3.3 présentées en annexe 2 au présent avis.

De plus, comme indiqué dans le paragraphe 2.1 du présent avis, l'IRSN estime que le requérant devrait réaliser un contrôle renforcé de l'état des soudures des oreilles de levage et des pieds de l'emballage, lors des opérations de maintenance des emballages (contrôle par ressuage par exemple) afin de détecter respectivement toute déformation plastique ou amorce de fissure. Ces contrôles devraient être réalisés avec une fréquence justifiée. Ceci fait objet de l'observation 3.1 présentée en annexe 2 au présent avis. Erreur ! source du renvoi introuvable..

3 CONCLUSION

En conclusion, sur la base des justifications de sûreté présentées, l'IRSN considère que les modèles de colis Traveller STD et XL, actuellement agréés par l'autorité compétente des États-Unis, sont conformes aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type A chargés de matière fissile. Les propositions de modification du projet de certificat sont mentionnées en annexe 1 au présent avis

Par ailleurs, l'IRSN considère que le requérant devrait tenir compte des observations mentionnées en annexe 2 dans le cadre de la prochaine demande de validation du modèle de colis Traveller.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2018-00163 du 15 juin 2018
Propositions de modification du projet de certificat

1 Définition du contenu

- 1.1 Séparation du contenu constitué des crayons combustibles non assemblés à base d' U_3Si_2 chargés dans un tube à crayons de celui constitué des crayons d' UO_2 , pour interdire le mélange des crayons.
- 1.2 Spécification des motifs des crayons combustibles et des « trous d'eau » au sein du réseau de crayons.

(Le requérant n'a pas formulé de remarque concernant ces propositions de modification.)

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2018-00163 du 15 juin 2018

Observations

1 Comportement mécanique du colis

- 1.1 Justifier le respect du critère d'admissibilité en cisaillement des soudures des oreilles de levage pour la température maximale des conditions normales de transport, en cas de levage à l'arraché de l'emballage. Justifier, dans ce cadre, le facteur de charge retenu pour représenter le levage à l'arraché.
- 1.2 Justifier la tenue à la fatigue des soudures entre les pieds du colis et la tôle externe de l'emballage en prenant compte, d'une part des contraintes alternées fondées sur les recommandations du groupe de travail de l'AIEA, d'autre par un nombre de cycles de sollicitations représentatifs des modes de transport du modèle de colis Traveller.

2 Sûreté-criticité

- 2.1 Justifier le caractère conservatif de la hauteur de la zone expansée retenue dans la démonstration de sûreté-criticité au regard de la géométrie réelle des assemblages susceptibles d'être transportés.
- 2.2 Compléter la démonstration de sous-criticité du modèle de colis relative à l'impact de la dispersion de matière fissile en dehors des crayons sous forme de débris en conditions accidentelles de transport :
 - a. par l'étude de la configuration du colis isolé, en retenant un critère d'admissibilité plus pénalisant que celui retenu pour la configuration d'un réseau de colis.
 - b. en considérant, pour la configuration de réseau de colis, une répartition des colis sur deux niveaux, avec la matière fissile dispersée modélisée en vis-à-vis (de façon à rapprocher la matière fissile dispersée de deux colis superposés) et en tenant compte d'une possible compression axiale de la mousse amortisseuse située aux deux extrémités de l'emballage.

3 Maintenance

- 3.1 Compléter les opérations de maintenance des emballages Traveller par un contrôle renforcé, selon une périodicité à définir, de l'état des soudures des oreilles de levage et des pieds de l'emballage (contrôle par ressuage par exemple) afin de détecter respectivement toute déformation plastique ou amorce de fissure.
- 3.2 Présenter un retour d'expérience de l'état des mousses d'amortisseur présentes dans la coque externe sur la base de contrôles effectués lors des maintenances des emballages Traveller.
- 3.3 Compléter les opérations de maintenance des emballages Traveller, par un contrôle visuel de l'état des bouchons fusibles de la coque externe en maintenance, selon une périodicité à définir.