



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 10 novembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00212

Objet : Transport – Extension d'agrément du modèle de colis TN 12/2.

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-042805 du 2 septembre 2022.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2012.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conformité à la réglementation citée en seconde référence du modèle de colis TN 12/2, tel que décrit dans le dossier de sûreté joint à la demande d'extension d'agrément présentée par la société Orano Nuclear Packages and Services (Orano NPS), dénommée ci-après « le requérant ».

Le modèle de colis TN 12/2 a été conçu pour le transport d'assemblages combustibles usés. Il est également agréé en tant que colis de type B(M) pour le transport d'assemblages combustibles neufs, de carquois de crayons sources secondaires et d'étuis de déchets activés d'exploitation (DAE) de type 2. Les certificats d'agrément en vigueur pour les différents contenus expirent le 30 septembre 2025, le 6 octobre 2027 ou le 31 octobre 2027.

La présente demande concerne l'extension à un nouveau contenu composé d'étuis de DAE, dits de type 3, qui diffèrent des DAE de type 2 par les limites associées au nombre d'étuis, la puissance thermique et l'activité transportés. Elle concerne également l'autorisation de transport du modèle de colis TN 12/2 chargé de ce nouveau contenu sous bâches et canopies.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des compléments apportés par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

L'emballage TN 12/2 est constitué d'une enveloppe de confinement de forme cylindrique en acier forgé épais équipée d'un système de fermeture, protégée à chaque extrémité par un capot amortisseur de choc rempli de bois ou d'aluminium. Le corps de l'emballage est également recouvert d'une couche de résine coulée entre les ailettes de refroidissement assurant la dissipation de la chaleur produite par les contenus transportés. Des tourillons fixés sur le corps de l'emballage servent à l'arrimage du colis en position horizontale sur le véhicule de transport, ainsi qu'à la manutention du colis en positions verticale et horizontale. Différents types de paniers, insérés dans la cavité de l'emballage, permettent le chargement des différents contenus radioactifs.

MEMBRE DE
ETSON

Le contenu classé non fissile ou fissile excepté, objet de la présente demande, est composé de douze étuis chargés de DAE de type 3, ces étuis étant eux-mêmes chargés dans les logements d'un panier prévu à cet effet. Dans le cas d'un chargement d'au moins un étui dans l'emballage, une cale de pied est disposée au fond de chaque logement, qu'un étui soit présent ou non. L'IRSN propose que cette précision soit indiquée dans le certificat d'agrément. Le calcul de la résistance de ces cales en conditions accidentelles de transport (CAT), dont la conclusion est appliquée ensuite pour l'analyse thermique, se fonde sur leurs propriétés géométriques et mécaniques. Aussi, les dimensions utiles des cales devraient être précisées dans le dossier de sûreté. Il en est de même pour la masse d'un étui vide utilisée dans les calculs de radiolyse. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

Les DAE peuvent être composés de crayons de grappes (crayons absorbants, crayons inox, crayons poisons en tube de verre boraté et crayons bouchons), de grappes bouchons, de squelettes ou éléments de squelettes d'assemblages, de doigts de gant, de têtes de grappe, d'embouts inférieurs d'assemblage, de carottages, de vis et de rebuts activés. Le requérant précise que certains DAE peuvent présenter des zones de rétention d'eau.

Les démonstrations de sûreté relatives au relâchement d'activité, au risque de radiolyse et à la radioprotection ne prennent pas en compte de marge par rapport aux critères retenus. Aussi, l'IRSN estime que l'efficacité des moyens et des contrôles mis en œuvre pour vérifier la conformité du contenu réel transporté au regard de sa définition doit faire l'objet d'une attention particulière. En outre, la réalisation d'un retour d'expérience sur les caractéristiques réelles des étuis transportés permettrait de mieux apprécier les marges de sûreté au regard des limites retenues pour ce contenu. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe au présent avis.**

Enfin, chaque DAE fait l'objet d'une mesure avant transport afin de déterminer son spectre d'activation. La mesure porte sur un isotope spécifique et l'activité des autres isotopes en découle *via* des ratios prédéfinis. Ce spectre est ensuite utilisé pour vérifier le respect des limites relatives au relâchement d'activité et à la radioprotection et l'absence de risque dû à la radiolyse. Afin de s'assurer du caractère enveloppe de cette caractérisation, l'IRSN estime que les valeurs des ratios devraient être mieux justifiées. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe au présent avis.**

2. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

2.1. COMPORTEMENT THERMIQUE DU MODÈLE DE COLIS

Le requérant a réalisé une nouvelle étude thermique du modèle de colis TN 12/2 chargé de DAE de type 3 en conditions normales de transport (CNT) et en CAT. L'objectif est, d'une part de vérifier que les températures atteintes respectent les conditions d'utilisation des matériaux sensibles de l'emballage (résine et joints), d'autre part d'évaluer les températures des gaz présents dans la cavité de l'emballage et celles des joints (ces valeurs sont ensuite utilisées pour l'analyse du relâchement d'activité et pour évaluer le risque de radiolyse).

Pour ce faire, le requérant a effectué des calculs à l'aide d'un code utilisant la méthode aux différences finies, interfacé avec un logiciel modélisant le colis en 3D. Le requérant n'indique pas les incertitudes de calculs imputables au code utilisé. Si l'IRSN convient du caractère enveloppe de la modélisation retenue, **le requérant devrait en tout état de cause présenter dans le dossier de sûreté le dossier de qualification du code pour la présente étude en précisant les éventuels biais ou incertitudes de calculs à retenir pour la configuration des DAE de type 3, tel que préconisé dans les Guides de l'ASN n°7 (relatif au transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique) et n°28 (relatif à la qualification des outils de calcul scientifique utilisés dans la démonstration de sûreté nucléaire).**

2.2. CONFINEMENT

Relâchement d'activité

Le requérant étudie le relâchement d'activité en CAT en considérant une perte totale d'étanchéité du système de fermeture à l'issue de l'impact différé. De plus, la totalité des étuis sont supposés ruptés en CNT et CAT. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En outre, il considère que la totalité de l'activité des gaz mobilisables des DAE contribue au relâchement d'activité, à l'exception des crayons poisons en verre boraté pour lesquels il ne considère qu'une très faible proportion de l'activité des gaz issus de l'activation et de l'hélium produit dans le crayon sous l'effet des rayonnements. Pour justifier cette hypothèse, il s'appuie sur une étude portant sur des crayons constitués de pastilles en carbure de bore (B_4C). Le requérant estime que les conclusions de celle-ci peuvent être appliquées aux crayons poisons chargés dans le TN 12/2. Si l'IRSN convient du caractère transposable de certaines hypothèses de l'étude aux crayons poisons, ce n'est pas le cas de la température considérée. En outre, aux températures maximales des gaz dans les étuis en CNT et en CAT, le tritium peut diffuser largement à travers la gaine en acier inoxydable. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

L'IRSN propose que la présence potentielle de contamination ainsi que la limite sur l'activité massique associée soient indiquées dans le certificat d'agrément.

Le requérant détermine la pression à l'intérieur de la cavité de l'emballage en considérant la pression du gaz de remplissage, la pression interne de la cavité après la durée de transport, la pression partielle des gaz issus des DAE et la pression partielle de la vapeur d'eau. En sommant ces valeurs, la pression totale doit être inférieure à la pression externe. Or l'IRSN estime que la valeur de la température à retenir pour déterminer la pression de vapeur saturante de l'eau à l'intérieur de l'emballage devrait être mieux justifiée. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 4 en annexe au présent avis.**

Radiolyse

Les étuis de DAE sont entreposés sous eau. Le requérant précise que la présence de zone de rétention d'eau dans la cavité de l'emballage, malgré les opérations de drainage et de séchage, ne peut être exclue. Or l'eau peut produire du dihydrogène (par radiolyse) sous l'effet des rayonnements ionisants.

Afin d'évaluer la quantité de dihydrogène produite dans la cavité de l'emballage au cours du transport, le requérant détermine la quantité de gaz de remplissage en supposant une pression maximale de remplissage, une température de remplissage donnée et un volume de cavité variable en fonction du nombre d'étuis chargés. L'IRSN estime que la pression de remplissage a un impact non négligeable sur le taux de dihydrogène. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 5 en annexe au présent avis.**

La démonstration apportée par le requérant, associée à la prévention du risque d'inflammation du dihydrogène, se fonde sur un volume total connu d'eau dans la cavité. Or la détermination avant chargement de la quantité d'eau piégée dans les zones de rétention d'eau potentielles des DAE et de leur étui peut s'avérer relativement complexe en raison de la géométrie variée des différents déchets transportés. En outre, la disposition des déchets pourrait amener à obstruer les trous des étuis, ce qui conduirait à limiter la vidange de l'eau. Le calcul de l'encombrement des étuis implique de connaître l'inventaire exact des étuis. En conséquence, pour les transports ne faisant pas l'objet de mesure de dihydrogène, l'IRSN estime nécessaire de s'assurer que la quantité d'eau dans la cavité respecte les limites associées au risque dû à la radiolyse. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, s'agissant d'un nouveau contenu dont la démonstration présente peu de marges par rapport au critère de la limite inférieure d'inflammabilité, l'IRSN estime que le requérant devrait vérifier par le retour d'expérience le caractère pénalisant des hypothèses retenues dans l'étude du risque de radiolyse. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 6 en annexe au présent avis.**

2.3. RADIOPROTECTION

Afin de justifier le respect des critères réglementaires de radioprotection dans toutes les conditions de transport, le requérant présente une démonstration fondée sur la méthode des « inéquations », consistant à définir un contenu maximal admissible, au regard des exigences réglementaires d'intensités maximales de rayonnement au contact et au voisinage du colis (cf. § 617 et 659 de la réglementation [2]). Les inéquations sont utilisées avant chargement en considérant le contenu réel afin de vérifier le respect des critères. Elles sont déterminées selon les étapes suivantes : la recherche des zones dimensionnantes autour de l'emballage, la recherche du terme source de référence, la détermination de la contribution relative aux logements et la détermination du facteur de recalage géométrique. Les calculs sont effectués à l'aide d'un code de calculs Monte Carlo.

Pour les DAE de type 3, seuls six isotopes radioactifs (^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{108\text{m}}\text{Ag}$, ^{94}Nb , ^{125}Sb et ^{54}Mn) sont utilisés dans la méthode des inéquations. Le requérant a vérifié cette hypothèse pour le spectre des crayons bouchons en comparant les DED calculés, d'une part avec ces six isotopes, d'autre part avec tous les isotopes recensés. L'IRSN estime que le faible écart obtenu est acceptable. Comme pour les crayons bouchons, le requérant devrait effectuer cette vérification pour d'autres déchets de type 3 afin de vérifier les radionucléides principaux contributeurs au DED au regard de l'effet de spectre d'émission des rayonnements gamma de ces derniers. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 7 en annexe au présent avis.**

Pour les chargements incomplets, le requérant ne prévoit pas de mettre d'étuis vides dans les logements ne contenant pas de DAE, alors que la méthode des inéquations retient la présence d'un étui (en acier) dans les douze logements de l'emballage, introduisant de fait un biais d'atténuation supplémentaire des rayonnements. Il justifie l'acceptabilité de cette hypothèse en quantifiant les marges liées à la modélisation des DAE par de l'air et non par l'acier qui les constitue en partie. Ainsi, la justification apportée par le requérant ne couvre pas l'ensemble des configurations possibles. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 en annexe au présent avis.**

Enfin, le requérant ne considère pas de marge sur les termes des inéquations, contrairement à d'autres modèles de colis pour lesquels un système d'inéquations similaire a été développé. En outre, cette méthode n'a pas encore été testée sur des contenus de type DAE. En regard du retour d'expérience disponible sur l'utilisation de la méthode pour d'autres emballages, le requérant devrait réaliser un retour d'expérience de l'utilisation de ces inéquations sur les premiers transports des contenus de type DAE pour comparer les DED mesurés avec ceux évalués à partir des inéquations. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 8 en annexe au présent avis.**

3. UTILISATION

De nombreux contrôles sont à effectuer avant le chargement : caractérisation radiologique, vérification du respect des critères de relâchement, vérification de l'absence de dépassement de la limite inférieure d'inflammabilité (par le calcul de la quantité d'eau), vérification du respect des critères de débit de dose (par le biais des inéquations). **Certains de ces contrôles pouvant être complexes, il appartient au requérant de s'assurer que le personnel a suivi les formations nécessaires à la réalisation de ces opérations.**

4. TRANSPORT SOUS BÂCHES ET CANOPIES

La présence d'une bâche ou de canopy sur l'emballage peut dégrader la dissipation de la chaleur et par conséquent engendrer une augmentation de la température des composants de l'emballage, des aménagements internes et des contenus. Aussi, le requérant a vérifié avec un modèle 3D que les températures obtenues en environnement libre ne sont pas mises en cause par la présence d'une de ces adjonctions. L'IRSN relève que la méthode utilisée par le requérant n'est pas celle usuellement retenue pour l'analyse thermique sous bâche ou canopy, pour laquelle les calculs sont de type thermique et fluide en régime turbulent (en 2D). Néanmoins,

compte tenu du caractère pénalisant de la modélisation, **l'IRSN estime que la démonstration apportée est acceptable.**

5. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS, l'IRSN estime que le modèle de colis TN 12/2 chargé de DAE de type 3, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément, est conforme aux prescriptions de l'édition 2012 du règlement de transport de l'AIEA [2] applicable aux modèles de colis de type B(M) pour matières non fissiles ou fissiles exceptées, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1.

En outre, l'IRSN estime que le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 afin de consolider la démonstration de sûreté.

Enfin, l'IRSN considère acceptable, du point de vue de la sûreté, le transport sous bâches ou canopies de l'emballage TN 12/2 chargé de DAE de type 3, dans les conditions définies dans la demande d'autorisation de transport adossée à la demande d'agrément.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'Expertise de Sûreté

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2022-00212 DU 10 NOVEMBRE 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1

L'IRSN recommande que le requérant justifie que les crayons poisons peuvent être transportés dans toutes les conditions de transport compte tenu des températures des gaz atteintes dans les étuis et de la diffusion du tritium à travers l'acier inoxydable.

Recommandation N° 2

L'IRSN recommande que le requérant s'assure avant chaque transport ne faisant pas l'objet de mesure de dihydrogène que la quantité d'eau dans la cavité de l'emballage TN 12/2 chargé de déchets activés d'exploitation de type 3 respecte les limites associées au risque dû à la radiolyse.

Recommandation N° 3

L'IRSN recommande que le requérant justifie la validité de la méthode des inéquations en radioprotection pour le modèle de colis TN 12/2 chargé partiellement de déchets activés d'exploitation de type 3, avec des logements vides de déchets et d'étui en acier.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2022-00212 DU 10 NOVEMBRE 2022

Observations de l'IRSN

Observation N° 1

L'IRSN estime que le dossier de sûreté du modèle de colis TN 12/2 devrait mentionner la masse d'un étui vide, ainsi que le diamètre et la hauteur des pieds des cales utilisés pour maintenir en position les étuis transportant des déchets activés d'exploitation.

Observation N° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait réaliser un retour d'expérience des caractéristiques des déchets activés d'exploitation de type 3 spécifiées dans l'agrément (notamment puissance thermique, activité et volume des gaz mobilisables), afin d'apprécier les marges vis-à-vis de leur définition dans les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 12/2.

Observation N° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait vérifier le caractère enveloppe des valeurs des ratios d'isotopes retenues, permettant de déterminer les spectres d'activité à partir de la mesure d'activité d'un radioisotope prédéfini, par des mesures d'activité d'autres isotopes de différents déchets activés d'exploitation de type 3 chargés dans le modèle de colis TN 12/2 (en complément de celles des crayons de grappes).

Observation N° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait consolider la justification de la valeur de la température à retenir pour déterminer la pression de vapeur saturante de l'eau à l'intérieur du modèle de colis TN 12/2 chargé de déchets activés d'exploitation de type 3 dans l'analyse de relâchement d'activité.

Observation N° 5

L'IRSN estime que le requérant devrait, en l'absence de mesure de dihydrogène, étudier, dans l'analyse des risques associés à la radiolyse, la sensibilité du taux de dihydrogène à la valeur de pression de remplissage en hélium de la cavité du modèle de colis TN 12/2 chargé des déchets activés d'exploitation de type 3.

Observation N° 6

L'IRSN estime que le requérant devrait réaliser un retour d'expérience des opérations de transport de l'emballage TN 12/2 chargé des déchets activés d'exploitation de type 3 afin de vérifier le caractère pénalisant des hypothèses retenues dans l'étude des risques associés à la radiolyse.

Observation N° 7

L'IRSN estime que le requérant devrait vérifier le caractère enveloppe des six radionucléides retenus dans la méthode des inéquations en appliquant l'étape 7 aux déchets activés d'exploitation de type 3 chargés dans l'emballage TN 12/2 qui présentent un spectre radiologique différent de celui des crayons bouchons.

Observation N° 8

L'IRSN estime que le requérant devrait réaliser un retour d'expérience de l'utilisation de la méthode des inéquations sur les premiers transports des déchets activés d'exploitation de type 3 dans le modèle de colis TN 12/2, afin de vérifier les marges en comparant les débits équivalents de dose mesurés avec ceux évalués à partir des inéquations.