

Fontenay-aux-Roses, le 12 mai 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00080

Objet : Transport - Prorogation d'agrément du modèle de colis TN 117 chargé de combustibles neufs ou irradiés

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2020-053997 du 6 novembre 2020.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Edition de 2012.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de sûreté associé à la demande de prorogation d'agrément présentée par la société Orano TN (devenue, en novembre 2020, Orano Nuclear Packages and Services, dit « Orano NPS » et dénommée ci-après « le requérant ») pour le modèle de colis TN 117.

Cette demande concerne le transport, par voies terrestre, fluviale et maritime, 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 des réacteurs italiens à eau pressurisée ou bouillante (REP ou REB) ou de crayons ou tronçons de crayons conditionnés en carquois. Il est à noter que ce colis peut transporter des crayons inétanches, en nombre limité, susceptibles de contenir de l'eau (contenu n° 4).

À l'occasion de la présente demande, le requérant a mis à jour certaines parties du dossier de sûreté, notamment afin de répondre aux demandes formulées par l'ASN à l'issue des précédentes instructions relatives à ce modèle de colis. De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. DEFINITION DU MODELE DE COLIS

La définition du modèle de colis n'a pas évolué depuis la précédente expertise. Pour rappel, l'emballage TN 117 est de forme générale cylindrique, constitué d'un corps forgé en acier au carbone recouvert d'acier inoxydable, d'une protection neutronique en résine borée et d'une virole externe en acier inoxydable. Le système de fermeture de l'emballage présente deux couvercles équipés de joints en élastomère et fixés au corps à l'aide de vis. L'emballage est équipé de deux capots amortisseurs, constitués de blocs de bois recouverts de tôles en acier inoxydable. L'emballage est pourvu de deux paires de tourillons fixés par des vis et utilisés pour les opérations d'arrimage et de manutention.

Les contenus sont placés dans un panier à 12 logements constitué de poutres profilées en H en aluminium boré et en acier inoxydable.

2. COMPORTEMENT MECANIQUE

Le chapitre du dossier de sûreté du modèle de colis TN 117 relatif au comportement mécanique n'a pas été modifié depuis la précédente expertise. En dehors des sujets traités ci-après, les éléments présentés par le requérant relatifs au comportement mécanique ont été estimés globalement satisfaisants par l'IRSN.

2.1. TENUE A L'ARRIMAGE EN FATIGUE

En réponse à une demande de l'ASN relative à la tenue des tourillons en fatigue au cours de transports maritimes, le requérant a apporté une analyse complémentaire pour tenir compte d'un dépassement du degré 6 des conditions de mer sur l'échelle de Beaufort. Il estime que les calculs présentés dans le dossier de sûreté permettent de couvrir tout risque de rupture sur la base du spectre de sollicitation préconisé par l'ASN. L'IRSN relève que le spectre du requérant présente une amplitude plus faible que celle préconisée par l'ASN, mais également que le nombre de cycles considérés est plus élevé et que les niveaux d'endommagement évalués par le requérant présente des marges significatives. **Aussi, l'IRSN estime que les éléments apportés par le requérant permettent de répondre à la demande de l'ASN.** Toutefois, l'IRSN estime que le requérant devrait formellement compléter sa justification en vérifiant que le spectre préconisé par l'ASN induit des niveaux d'endommagement acceptables. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

2.2. RUPTURE BRUTALE

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a mis à jour dans le dossier de sûreté l'étude visant à démontrer l'absence de risque de rupture brutale de l'enveloppe de confinement à basse température. Il a ainsi retenu dans son étude les caractéristiques des matériaux à la température réglementaire minimale de -40 °C afin de démontrer l'absence de plastification au cours des épreuves de chutes. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant et que la demande de l'ASN peut être soldée.**

Toutefois, le requérant a considéré des facteurs correctifs inférieurs à ceux spécifiés dans la méthode retenue. Même si l'IRSN a vérifié que la prise en compte de ces derniers n'est pas de nature à mettre en cause les conclusions de l'étude, l'IRSN estime que le requérant devrait mettre à jour sa démonstration en tenant compte de la correction de plasticité en fond de virole conformément au code RCC-M (règles de conception et de construction des matériels mécaniques). **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe au présent avis.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Le chapitre du dossier de sûreté relatif au comportement thermique du modèle de colis n'a pas évolué depuis la précédente expertise. Pour rappel, l'IRSN avait estimé que les analyses du comportement thermique du modèle de colis TN 117 en conditions de transport de routine (CTR) et en conditions normales et accidentelles de transport (respectivement CNT et CAT) étaient satisfaisantes.

En réponse à la demande de l'ASN d'évaluer l'influence d'une position verticale du colis sur les résultats des calculs thermiques, le requérant a indiqué que la dissipation thermique du colis en position verticale est meilleure et que la puissance thermique surfacique due à l'ensoleillement reçu par le colis est plus faible. **L'IRSN estime que ces éléments permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

S'agissant des conditions accidentelles de transport, l'ASN a demandé au requérant, lors de la précédente demande de prorogation, de justifier le maintien de l'étanchéité du modèle de colis en cas de poursuite de la combustion des bois des capots amortisseurs au-delà de l'épreuve d'incendie réglementaire de 30 minutes. En réponse à cette demande, le requérant a indiqué que les marges dégagées par les calculs en CAT, de l'ordre de 80 °C, permettent de couvrir l'augmentation de température forfaitaire de 50 °C usuellement considérée pour quantifier l'influence de la poursuite de la combustion du bois des capots. **L'IRSN estime que cet argumentaire est satisfaisant et que la demande de l'ASN relative à ce phénomène peut être soldée pour le modèle de colis TN 117.**

4. CONFINEMENT

Le chapitre du dossier de sûreté du modèle de colis TN 117 a été partiellement modifié avec une mise à jour de l'étude des risques de radiolyse, l'étude de relâchement d'activité étant pour sa part restée inchangée.

4.1. TAUX DE RELACHEMENT DES GAZ DE FISSION

S'agissant du contenu n° 5 constitué de parties de crayons tronçonnés et réassemblés, l'ASN a demandé au requérant de justifier le taux de relâchement des gaz de fission en dehors de la matrice combustible prise en compte dans la démonstration. En réponse à cette demande, le requérant a précisé qu'il retient pour ce contenu le même taux de relâchement que celui considéré pour les contenus intègres présentant un taux de combustion équivalent. Le requérant met également en avant dans sa réponse les marges de sûreté importantes. **Ceci n'appelle pas de commentaire et l'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.**

S'agissant du cas spécifique du contenu n° 4 pouvant comporter des crayons combustibles inétanches, l'ASN a demandé au requérant de justifier l'hypothèse de l'absence de gaz de fission dans ces crayons au chargement. En réponse à cette demande, le requérant a défini la configuration occasionnant le relâchement d'activité maximal, en fonction des quantités d'eau et de gaz de fission présents dans le volume libre des crayons inétanches, et a vérifié le respect des critères réglementaires. **L'IRSN estime que cette démonstration est satisfaisante et que la demande de l'ASN peut être soldée.**

4.2. PERMEATION DU TRITIUM

Concernant la perméation du tritium, l'ASN a demandé au requérant de justifier que le coefficient de perméation de l'hélium au travers des joints en élastomère, pris en compte dans la démonstration de sûreté, permet de couvrir celui du tritium. Le requérant a justifié ce point dans le cadre de l'étude générique relative à la perméation des gaz. **Aussi, l'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.**

4.3. TERME SOURCE

Pour rappel, la définition des contenus n° 1, n° 4 et n° 5 de type MOX conduit à considérer plusieurs vecteurs isotopiques de plutonium possibles. En réponse à la demande de l'ASN relative à la sensibilité des variations du vecteur isotopique, le requérant a apporté des compléments de justification en se basant sur les conclusions de l'étude de sensibilité du vecteur isotopique sur le relâchement d'activité dans le cas d'un assemblage de type REP 17 x 17 MOX transporté par le modèle de colis TN 112. Aussi, en appliquant les résultats de cette étude aux calculs de relâchement, le requérant évalue que les marges de sûreté restent satisfaisantes par rapport au critère réglementaire. Par ailleurs, le requérant a vérifié que le doublement des volumes et des activités en gaz et en aérosols radioactifs permet de conserver des marges importantes. **L'IRSN estime que ces éléments sont satisfaisants et que la demande de l'ASN peut être soldée.**

4.4. RADIOLYSE

En réponse à une demande l'ASN relative à l'évaluation des risques de radiolyse, le requérant a démontré que tout risque d'explosion des gaz produits par radiolyse de l'eau résiduelle présente au sein de l'emballage est écarté pour une durée de transport maximale de 60 jours. Pour ce faire, le requérant détermine la composition de l'atmosphère de la cavité en considérant l'atmosphère initiale au chargement, la production de gaz par radiolyse et la pénétration d'air au travers du système de double barrière d'étanchéité. Il détermine ensuite la limite inférieure d'inflammabilité (LII) de l'hydrogène dans cette atmosphère, à la température maximale obtenue en CAT. **L'IRSN estime que cette démarche est satisfaisante et permet de répondre à la demande de l'ASN.**

Toutefois, le requérant considère une production de dioxygène correspondant à une fraction de la production de dihydrogène sans apporter de justification satisfaisante, notamment concernant la prise en compte de la température, de la phase de l'eau ou des processus physico-chimiques tel que la dissociation du peroxyde

d'hydrogène formé par radiolyse de l'eau. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe au présent avis.**

5. RADIOPROTECTION

5.1. MODELISATION ET HYPOTHESES

Le chapitre relatif aux justifications de radioprotection n'a pas évolué depuis la précédente expertise à l'issue de laquelle les modélisations et les hypothèses retenues avaient été considérées globalement satisfaisantes.

En réponse à la demande de l'ASN relative à la sensibilité du vecteur isotopique sur les calculs de radioprotection, le requérant a appliqué la même méthode que celle utilisée pour les résultats des calculs de relâchement d'activité. Le requérant relève ainsi que la variation du vecteur isotopique n'entraîne qu'un léger dépassement du critère réglementaire au contact de l'emballage en CTR, et estime que, compte tenu de la modélisation pénalisante du modèle de colis, ce critère ne sera pas dépassé en pratique.

Toutefois, le requérant n'a pas justifié l'applicabilité des conclusions de l'étude de sensibilité réalisée pour des combustibles REP 17x17 MOX transportés en TN 112 à ceux transportés en TN 117. En effet, les contenus considérés sont très différents en termes de nature, de géométrie, de paramètres d'irradiation, de temps de refroidissement et de teneur en plutonium. En particulier, la majoration de la quantité de plutonium 242 n'a pas été justifiée et pourrait se révéler sous-estimée compte tenu de la faible quantité de cet isotope considérée par le requérant. En outre, la présence d'américium 241 dans les assemblages n'est pas pris en compte dans la définition des contenus de type MOX et dans les études de radioprotection. Il est rappelé que ces deux isotopes, en favorisant l'apparition des isotopes du curium et de l'américium, contribuent de manière significative aux sources neutroniques. **Par conséquent, l'IRSN estime qu'en l'état la demande de l'ASN relative à la sensibilité du vecteur isotopique ne peut pas être soldée.**

En tout état de cause, le requérant précise dans le dossier de sûreté que des vérifications sont réalisées afin de garantir le respect des critères réglementaires de débits d'équivalents de dose (DED) en tenant compte des caractéristiques réelles du contenu dont le chargement est prévu. **Ceci est satisfaisant.**

5.2. ACTIVATION DES STRUCTURES METALLIQUES DES ASSEMBLAGES

S'agissant de l'activation des structures, pour mémoire, le cobalt 59 contenu dans les parties métalliques des extrémités des assemblages (plenum, embout de tête et de pied) s'active en réacteur. Le requérant tient compte dans les calculs de DED de cette activation en appliquant une méthode consistant, d'une part à évaluer le flux neutronique en fin d'irradiation des assemblages en tenant compte d'un taux de combustion homogène sur toute la hauteur de l'assemblage, d'autre part à appliquer ce flux de manière déterministe sur les sections efficaces de capture du cobalt 59.

L'IRSN estime que la méthode retenue par le requérant pourrait conduire à sous-estimer l'activité des structures métalliques, notamment en raison de la prise en compte d'un taux de combustion homogène sur toute la hauteur de l'emballage. De plus, l'IRSN relève, d'une part que les épaisseurs de blindage les plus faibles se situent au niveau des extrémités des assemblages activées, d'autre part que le DED gamma représente plus de 10 % du DED total maximal. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait apporter des justifications complémentaires relatives à la méthode d'évaluation de l'activation des structures métalliques des assemblages. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 4 en annexe au présent avis.**

5.3. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE ET CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

En réponse à une demande de l'ASN relative à l'influence du déplacement du contenu en CNT sur les débits d'équivalent de dose, le requérant estime que les calculs pour l'ensemble des positions possibles du contenu en CNT sont couverts par les calculs déterminés avec une position du contenu pénalisante en CTR. Aussi, compte tenu de l'effet négligeable des épreuves de chutes en CNT sur l'état général du colis, le requérant considère que

le critère d'absence de dépassement des DED de plus de 20 % en CNT est respecté. **L'IRSN estime que cet argumentaire permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

6. PREVENTION DU RISQUE DE CRITICITE

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a mis à jour l'étude de la prévention des risques de criticité présentée dans le dossier de sûreté en y incluant les justifications complémentaires apportées lors de la précédente expertise de ce modèle de colis. L'IRSN avait estimé satisfaisante l'étude complétée par ces justifications. **Ceci permet de répondre à la demande de l'ASN qui peut donc être soldée.**

7. INSTRUCTIONS D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE

7.1. ABSENCE DE CORPS ETRANGER AU SEIN DE LA CAVITE

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant a mis à jour le dossier de sûreté afin d'ajouter une exigence de contrôle de la propreté et de l'absence de corps étranger. La mise en œuvre de cette mesure est à la charge de l'exploitant de l'emballage en fonction des moyens dont il dispose et des contraintes liées à l'installation. D'autre part, le système de management par la qualité du requérant impose que les instructions d'utilisation soient transmises aux exploitants de cet emballage et qu'un suivi soit assuré. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant et que la demande de l'ASN peut être soldée.**

7.2. DISPOSITIONS DE PREVENTION DES RISQUES D'EXPLOSION

À l'occasion de la mise à jour du dossier de sûreté, le requérant a inclus de nouvelles dispositions visant à exclure les risques d'explosion au sein de la cavité, de manière à répondre à une demande de l'ASN. Aussi, le temps de transport maximal, limité au maximum à 60 jours, est fixé pour chaque transport sur la base d'une mesure de dihydrogène dans le ciel de la cavité avant transport. Cette mesure permet, compte tenu du temps écoulé entre la fermeture de l'emballage et la mesure du taux de dihydrogène, de déterminer par extrapolation linéaire le temps nécessaire pour atteindre la LII de l'hydrogène. Le temps de transport est alors déterminé en tenant compte d'une période pour aléas. **L'IRSN estime que ces dispositions sont satisfaisantes et que la demande de l'ASN peut être soldée.**

8. RETOUR D'EXPERIENCE D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE

Pour rappel, lors de la précédente expertise, le retour d'expérience d'utilisation avait mis en évidence de la corrosion aux niveaux des vis du couvercle primaire des deux exemplaires d'emballage TN 117 en circulation. En réponse à la demande de l'ASN d'analyser ces défauts, le requérant indique que les emballages ont été remis en état conformément aux dispositions du chapitre de maintenance et qu'aucune trace de corrosion n'a été relevée par la suite. Sur la base de ces éléments, **l'IRSN estime que la demande de l'ASN peut être soldée.** En outre, le requérant a apporté des explications satisfaisantes aux différents constats relevés lors de l'utilisation et de la maintenance des emballages TN 117 depuis la précédente demande de prorogation d'agrément.

9. SYSTEME DE MANAGEMENT PAR LA QUALITE

D'une manière générale, le requérant a apporté sous forme de courriers de nombreuses justifications complémentaires portant sur des enjeux de sûreté. Toutefois, les éléments de démonstration et les conclusions relatifs à ces justifications n'ont pas été intégrés dans le dossier de sûreté. Aussi, dans le cadre de l'amélioration continue, l'IRSN estime que le requérant devrait veiller à inclure dans le dossier de sûreté l'ensemble des justifications complémentaires portant sur des enjeux ou des organes de sûreté, apportées en cours d'expertise ou en réponse aux demandes de l'ASN. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 5 en annexe au présent avis.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 117, tel que défini dans les projets de certificat d'agrément, est conforme aux prescriptions réglementaires citées en deuxième référence applicables aux modèles de colis de types B(U) et B(M) chargés de matières fissiles.

En outre, afin d'améliorer la démonstration de sûreté, la société Orano NPS devrait tenir compte des observations formulées en annexe au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00080 DU 12 MAI 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait formellement démontrer que les niveaux d'endommagement des tourillons du modèle de colis TN 117, induits par le spectre de chargement cyclique préconisé par l'ASN, sont acceptables.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait mettre à jour l'analyse de risque de rupture brutale du modèle de colis TN 117 en tenant compte de la correction de plasticité en fond de virole conformément au code RCC-M.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier la proportion de dioxygène produit par la radiolyse de l'eau présente dans la cavité de l'emballage TN 117 à la température retenue en CNT et en CAT.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier, dans l'étude de radioprotection du modèle de colis TN 117, que la prise en compte pour le calcul de l'activation des structures des assemblages combustibles d'un taux de combustion identique sur toute la hauteur du combustible ne met pas en cause le respect des critères réglementaires.

Observation n° 5

L'IRSN estime que le requérant devrait intégrer au dossier de sûreté les justifications complémentaires relatives aux éléments importants pour la sûreté apportées en réponse à des demandes de l'ASN ou lors des échanges techniques au cours des expertises de l'IRSN.