



Fontenay-aux-Roses, le 6 juin 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00084

Objet : Transport – Extension d'agrément du modèle de colis DN30

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2024-019216 du 4 avril 2024.
[2] Règlement de transport de l'AIEA – SSR-6 – édition de 2018.
[3] Norme internationale ISO 7195, novembre 2020.
[4] Norme américaine ANSI N14.1, décembre 2019.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conformité au règlement, cité en deuxième référence, du modèle de colis DN30, tel que décrit dans le dossier de sûreté (appelé « PDSR » dans la suite de l'avis) et les projets de certificat d'agrément joints à la demande d'extension d'agrément présentée par la société Orano NCS GmbH, dénommée ci-après « le requérant ». Cette demande porte sur l'augmentation de la masse maximale du modèle de colis DN30 et sur la modification de ses aménagements internes.

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

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

Le modèle de colis est constitué de l'emballage DN30, appelé par la suite « surcoque », dans lequel est placé un cylindre 30B contenant de l'hexafluorure d'uranium (UF_6) ou un « pied de cuve »¹.

La surcoque DN30 est de forme cylindrique. Elle est composée de deux demi-coques en acier inoxydable, elles-mêmes constituées d'une demi-virole interne, d'un matériau microporeux, de blocs de mousse et d'une demi-virole externe munie de bouchons fusibles pour permettre le dégazage de la mousse en cas d'incendie. Les surfaces internes des deux demi-coques sont recouvertes d'un matériau intumescent. Le système de fermeture de l'emballage est composé de six mâchoires soudées sur les surfaces externes de chaque demi-coque.

Le cylindre 30B est un réservoir cylindrique en acier au carbone fermé à chaque extrémité par un fond bombé, permettant d'assurer le confinement de la matière radioactive. Il est conçu, fabriqué, utilisé et maintenu

¹ Le « pied de cuve » est constitué d' UF_6 non extrait lors de la vidange du cylindre et d'un « fond solide » (formé de composés non volatiles ou partiellement volatiles non extraits du cylindre lors de la vidange et d'une croûte formée au fond du cylindre, issue de la réaction de l' UF_6 avec l'acier du cylindre).

conformément aux normes ISO 7195 et ANSI N14.1 citées respectivement en troisième et quatrième références. Les opérations de remplissage et de vidange du cylindre sont réalisées par l'intermédiaire d'une vanne, située dans la partie supérieure de l'un des fonds bombés du cylindre. Lors des opérations de maintenance, le lavage de la cavité du cylindre est effectué par l'intermédiaire d'un bouchon situé dans la partie inférieure du fond bombé opposé à celui comportant la vanne. La surcoque DN30 comporte des aménagements internes constitués d'un dispositif de protection pour la vanne et d'un autre pour le bouchon. Le premier contient une « casquette » recouverte du matériau intumescent.

Les contenus radioactifs, objets de la présente demande d'extension d'agrément, sont identiques à ceux décrits dans les certificats d'agréments en vigueur, qui expirent le 31 décembre 2028.

2. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

En liminaire, il convient de rappeler que le cylindre 30B constitue l'enveloppe de confinement du modèle de colis, dont l'étanchéité est notamment assurée par la vanne et le bouchon. La surcoque joue un rôle de protections mécanique et thermique du cylindre 30B. L'étanchéité du cylindre 30B doit être conservée :

- après les épreuves de chute représentatives des conditions normales de transport (CNT) et des conditions accidentelles de transport (CAT). À ce titre, la vanne et le bouchon du cylindre, qui sont des organes très sensibles, ne doivent pas entrer en contact avec d'autres composants du modèle de colis ;
- après l'épreuve de feu représentative des CAT. À ce titre, la température de fusion de l'étamage du bouchon et de la vanne ne doit pas être atteinte au voisinage de ces derniers.

Par ailleurs, dans ses précédentes expertises, l'IRSN avait mis en évidence que le modèle numérique utilisé pour l'étude du comportement mécanique du modèle de colis DN30 comportait, d'une part une erreur sur la masse maximale du colis (3 825 kg au lieu de 4 100 kg), d'autre part une erreur de modélisation de la vanne. La présente demande d'extension d'agrément vise à rectifier ces erreurs.

2.1. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1.1. Modélisation géométrique du modèle de colis

Compte tenu des erreurs précitées, le requérant a effectué une revue en profondeur du modèle géométrique retenu pour ses calculs numériques effectués à l'aide du code de calculs LS-DYNA. Il a, dans ce cadre, ajouté une description détaillée de ce dernier dans le PDSR. **Ceci est satisfaisant.** Cette revue l'a conduit à relever plusieurs autres écarts entre le modèle numérique et le modèle de colis DN30 qui, selon lui, n'affecteraient, en termes de sûreté, que la distance entre la vanne et les composants de l'emballage. En particulier, il a identifié, en plus de la modélisation de la vanne plus courte que celle spécifiée pour le modèle de colis, une hauteur réduite de la cavité interne de la surcoque. Ce point est discuté au paragraphe 2.1.3 du présent avis.

Dans le cadre de la présente demande d'extension, le requérant a mis à jour le modèle numérique uniquement pour ce qui concerne la masse. Il évalue l'impact des autres écarts identifiés sur les résultats de calcul, soit par une analyse qualitative, soit par des calculs analytiques. Cette évaluation est principalement menée écart par écart et ne permet pas d'appréhender l'impact potentiel du cumul de l'ensemble des écarts sur les résultats de calculs, **ce qui constitue une démarche minimale. L'IRSN estime toutefois que ces écarts ne sont pas de nature à mettre en cause les conclusions relatives à la tenue mécanique du modèle de colis DN30. Il appartient au requérant de mettre à jour son modèle numérique en tenant compte de l'ensemble des écarts identifiés par rapport au modèle de colis, lors de la prochaine demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis DN30.**

2.1.2. Augmentation de la masse du modèle de colis prise en compte dans les calculs numériques

Le requérant a effectué de nouveaux calculs numériques pour cinq séquences de chutes ayant fait l'objet d'essais et déjà étudiées dans la précédente version du PDSR, en tenant compte de la masse maximale du modèle de colis (4 100 kg). Il considère que ces séquences sont celles pour lesquelles l'augmentation de masse a le plus d'impact. L'IRSN convient que les cinq séquences étudiées couvrent les situations conduisant aux déformations les plus pénalisantes. **En tout état de cause, l'IRSN estime que le requérant pourrait, lors de la prochaine demande de renouvellement d'agrément du modèle de colis DN30, compléter son analyse en prenant en compte une masse de 4 100 kg pour l'ensemble des séquences de chute étudiées dans le PDSR.**

Afin de prendre en compte l'augmentation de la masse dans la simulation, le requérant a augmenté la densité de l'acier de la surcoque et du cylindre. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

La démarche du requérant pour évaluer l'impact de la différence de masse du colis sur la déformation des composants du modèle de colis consiste à comparer les distances entre des points « clés » du modèle obtenues en considérant une masse du modèle de colis de 4 100 kg avec celles obtenues en considérant la masse de 3 825 kg, précédemment prise en compte dans le modèle numérique. Dans la mesure où la précision de cette méthode dépend du nœud choisi dans le modèle pour estimer l'importance de la déformation, **l'IRSN estime que le requérant pourrait préciser les incertitudes associées à cette méthode de mesure.** Pour ce qui concerne les aciers, le code calcule les déformations des composants en valeurs « vraies » (valeurs prenant en compte la modification de volume lors des essais de traction), alors que le critère retenu dans le PDSR pour l'allongement à la rupture est une valeur « ingénieur » qui est supérieure à la valeur « vraie ». **L'IRSN estime que le requérant pourrait retenir, dans le PDSR, des critères cohérents avec le type de déformation calculé par le code.**

L'ensemble des nouveaux calculs effectués avec une masse du modèle de colis de 4 100 kg conduit, selon la configuration et le composant étudiés, soit à de très faibles écarts avec le cas du modèle de colis de masse égale à 3 825 kg, soit à des déformations plus élevées mais restant inférieures aux critères (allongement à la rupture pour les aciers et seuils de consolidation pour les mousses). **Ainsi, l'IRSN estime que la démonstration de la tenue mécanique du modèle de colis DN30 apportée par le requérant pour une masse de 4 100 kg est globalement satisfaisante.**

2.1.3. Prise en compte de la géométrie réelle de la vanne

Pour tenir compte de l'erreur de modélisation de la vanne figurant dans la précédente version du PDSR, le requérant a évalué les distances minimales entre la vanne et les composants les plus proches de l'emballage en prenant en compte les dimensions de vanne spécifiées dans la norme en troisième référence. Ces distances montrent, pour certaines séquences de chutes représentatives des CAT, un contact entre la vanne et la casquette. Aussi, dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant modifie le concept du modèle de colis afin de supprimer la casquette du dispositif de protection de la vanne et ainsi gagner des marges dans les distances.

Afin d'évaluer la distance entre la vanne et les composants du modèle de colis lors des épreuves de chute représentatives des CAT, en prenant en compte la géométrie corrigée de la vanne et la hauteur correcte de la cavité interne de la surcoque, le requérant présente dans le PDSR quatre séquences de chute prenant en compte une masse de 3 825 kg ou 4 100 kg, ainsi que des résultats de calculs complémentaires réalisés avec une masse de 4 100 kg transmis au cours de l'expertise. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. Il appartient au requérant de mettre à jour le PDSR afin d'intégrer l'ensemble des nouveaux calculs.**

Le requérant identifie en particulier trois distances d'intérêt, auxquelles il applique les tolérances de fabrication du cylindre 30B et de la surcoque. En l'absence de la casquette du dispositif de protection de la vanne, il obtient des distances positives entre la vanne et le composant de l'emballage le plus proche avec une marge de plusieurs mm. De plus, il a vérifié que le cas d'une rupture de soudure ne mettrait pas en cause ces conclusions. **L'IRSN estime que la démonstration de l'intégrité de la vanne du cylindre 30B lors des épreuves de chute représentatives des CAT en l'absence de la casquette du dispositif de protection de la vanne est satisfaisante.**

2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE

Afin de démontrer que l'absence de la casquette dans le dispositif de protection de la vanne n'a pas d'impact sur la sûreté du modèle de colis, c'est-à-dire que la température de fusion de l'étamage de la vanne, température au-delà de laquelle l'étanchéité de la vanne n'est plus garantie, ne sera pas atteinte en CAT, le requérant s'appuie, d'une part sur les résultats des essais de feu réalisés par le passé, d'autre part sur les résultats de nouveaux calculs numériques.

2.2.1. Essais de feu

Le dernier essai de feu, qui a été réalisé en 2017, a été précédé d'un essai de chute comportant deux séries de chute du colis en position inclinée constituées chacune d'une chute libre (d'une hauteur de 10,2 m) et d'une chute sur poinçon (d'une hauteur de 1 m). Les séries de chutes ont été réalisées successivement avec un impact au droit de la vanne puis au droit du bouchon du cylindre 30B. Ces essais ont été effectués avec la casquette dans le dispositif de protection de la vanne.

Le requérant indique que, lors de cet essai de feu, les deux thermocouples situés à l'intérieur de la casquette ont indiqué des températures maximales, obtenues pendant la phase de refroidissement, très proches des deux thermocouples situés à l'extérieur de la casquette mais à proximité de la vanne. Le requérant explique ce comportement par le fait que pendant la phase de refroidissement, le transfert de chaleur se fait principalement par la conduction à travers la virole du cylindre 30B, et que la casquette n'a pas d'influence sur ce phénomène. Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, le requérant considère que la casquette a peu d'influence sur le comportement thermique du modèle de colis et que son retrait ne conduira pas à augmenter la température au voisinage de la vanne. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2.2.2. Calculs numériques

Les calculs numériques effectués pour modéliser le comportement thermique du modèle de colis en CAT utilisent le code aux éléments finis ANSYS. Le dispositif de protection de la vanne (comprenant la casquette) n'est pas modélisé. Les endommagements du colis induits par les essais de chute en CAT sont simulés en corrigeant les propriétés thermiques des matériaux (recalage sur les mesures obtenues lors des essais de feu). Afin de prendre en compte le retrait de la casquette dans la modélisation, le requérant s'appuie sur le modèle présenté dans la précédente version du PDSR tout en retenant des hypothèses plus pénalisantes en termes de transfert de chaleur à proximité de la vanne. L'écart obtenu sur la température maximale de la vanne entre ces nouveaux calculs et les précédents est de 1 °C. De ces calculs, le requérant conclut que le retrait de la casquette ne conduit pas à augmenter la température de la vanne en CAT. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NCS GmbH au cours de l'expertise, l'IRSN estime que le modèle de colis DN30, tel que défini dans les projets de certificat d'agrément, considérant une augmentation de la masse maximale du modèle de colis à 4 100 kg et le retrait de la casquette du dispositif de protection de la vanne, est conforme aux prescriptions de l'édition 2018 du règlement de transport de l'AIEA applicable aux modèles de colis de type B(U), IP et A pour matières fissiles.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté