



Fontenay-aux-Roses, le 19 avril 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00076

**Objet :** Transport - Renouvellements d'agrément des modèles de colis FCC3 et FCC4

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2021-028262 du 23 juin 2021.  
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2018.

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 des modèles de colis FCC3 et FCC4, dont la société Orano Nuclear package and service (NPS), dénommée ci-après le requérant, a demandé les renouvellements d'agrément.

Cette demande de renouvellements d'agrément concerne le transport par voies routière, ferroviaire, fluviale et maritime d'assemblages combustibles neufs ou de crayons non assemblés neufs, en tant que colis de type A chargé de matières fissiles pour le transport de combustible nucléaire à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi (UNE) et en tant que colis de type IP- 2 chargé de matières fissiles pour le transport de combustible nucléaire à base d'oxyde d'UNE ou d'oxyde d'uranium de retraitement enrichi (URE).

À l'appui de sa demande, le requérant a également présenté des éléments en réponse aux demandes de l'ASN formulées lors de la précédente demande de renouvellements d'agrément. En outre, une mise à jour des dossiers de sûreté des modèles de colis FCC3 et FCC4 a été transmise par le requérant au cours de l'expertise.

De l'expertise des dossiers de sûreté et des compléments apportés par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

### 1. DESCRIPTION DES MODÈLES DE COLIS

#### Description des emballages

Les emballages FCC3 et FCC4 n'ont pas été modifiés dans le cadre de la présente demande de renouvellements d'agrément.

Pour rappel, les modèles de colis FCC3 et FCC4, de forme générale cylindrique, sont de concept similaire et diffèrent principalement par leur longueur. Ils sont constitués de deux demi-coques en acier au carbone, liées selon un plan horizontal par des vis de fermeture, d'un berceau métallique et d'un aménagement interne fixé au berceau par des boulons. L'aménagement interne, constitué d'un châssis et de deux portes, délimite deux cavités pouvant accueillir chacune un assemblage combustible ou une boîte à crayons combustibles. Les assemblages

sont maintenus radialement et axialement dans leur cavité par des cales et des patins. Deux dispositifs d'amortisseur de chocs en blocs de bois sont fixés aux extrémités des deux demi-coques.

### Description des contenus

Ces modèles de colis sont conçus pour assurer le transport de crayons combustibles neufs, destinés au fonctionnement des réacteurs à eau légère pressurisée (REP), entre divers lieux d'élaboration et d'utilisation. Les contenus sont soit des assemblages combustibles soit des crayons combustibles non assemblés conditionnés dans des boîtes à crayons. Ces crayons sont constitués de pastilles frittées d'oxyde d'UNE ou d'URE remplies dans des gaines tubulaires en alliage de zirconium, dont les extrémités sont soudées aux raccords des crayons.

Le combustible à base d'UNE, classé comme matière de faible activité spécifique de type II (LSA-II) au sens de la réglementation citée en seconde référence, peut être transporté en tant que colis industriel de type IP-2 pour matières fissiles. Par ailleurs, l'évaluation de l'activité en nombre de A2<sup>1</sup> des combustibles à base d'UNE permet d'assurer le transport de ces contenus dans un colis de type A pour matières fissiles. Le combustible à base d'URE est classé matière de faible activité spécifique de type III (LSA-III) au sens de la réglementation citée en seconde référence. L'IRSN relève que l'activité totale maximale dans les emballages chargés d'URE est supérieure à 1 A2. Le transport du combustible à base d'URE en tant que colis de type A n'est alors pas autorisé. **Aussi, l'IRSN propose de modifier les projets de certificats d'agrément pour préciser que seul le transport de combustible à base d'UNE est autorisé pour le transport des modèles de colis FCC en tant que colis de type A pour matières fissiles et que le transport de combustible à base d'URE n'est autorisé que pour le transport des modèles de colis FCC en tant que colis de type IP-2 pour matières fissiles sous utilisation exclusive.**

## 2. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

Dans le cadre de la présente demande de renouvellements d'agrément, les emballages et les contenus n'ayant été modifiés, les chapitres des dossiers de sûreté relatifs à l'analyse des risques de criticité, à la radioprotection et au confinement n'ont pas évolué.

### 2.1. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

#### Comportement mécanique en conditions de transport de routine

L'étude du comportement mécanique des modèles de colis FCC3 et FCC4 en conditions de transport de routine (CTR) n'a pas fait l'objet de modification dans le cadre de la présente demande. L'IRSN relève toutefois que les dossiers de sûreté ne présentent pas d'analyse explicite de l'absence de desserrage des vis assurant la fermeture des deux demi-coques de l'emballage. Pour rappel, le paragraphe 613 de la réglementation citée en deuxième référence indique qu'un colis doit pouvoir résister aux effets d'une accélération, d'une vibration ou d'une résonance susceptible de se produire dans les CTR sans réduction de l'efficacité des dispositifs de fermeture. Le requérant justifie l'absence d'analyse sur la base du retour d'expérience ne montrant qu'une très faible occurrence du risque lié au desserrage des vis de fermeture des demi-coques. Bien que le retour d'expérience présenté par le requérant apparaisse favorable, l'IRSN relève que des desserrages ont été récemment constatés sur quatre colis. En outre, l'IRSN souligne que le retour d'expérience présenté par le requérant ne recouvre pas les conditions de températures énoncées dans le paragraphe 639 de la réglementation AIEA citée en deuxième référence. **Aussi, l'IRSN estime que l'argumentaire du requérant basé uniquement sur ce REX n'est pas suffisant pour justifier l'absence d'auto-desserrage des vis de fermeture des demi-coques des modèles de colis FCC3 et FCC4.**

---

<sup>1</sup> Le A2 est une valeur tabulée par radionucléide dans le règlement des transports de matières radioactives de l'AIEA. Pour un radionucléide, 1 A2 correspond à l'activité transportée qui induirait une dose efficace de 50 mSv aux intervenants en cas de destruction complète de l'emballage.

Par ailleurs, pour justifier la tenue des éléments de liaison des coques FCC en conditions accidentelles de transport (CAT), le requérant a réalisé une étude de sensibilité relative à l'effort de précharge des vis de fermeture des demi-coques de l'emballage. À cet égard, la précharge minimal est calculée à partir d'une valeur de coefficient de frottement maximal sous tête de vis enveloppe des préconisations de la norme NF E25-030-1. L'IRSN rappelle que cette norme fournit une méthode de calcul simplifiée pour évaluer la précharge des assemblages vissés et que le coefficient de frottement maximal peut augmenter en fonction du nombre de cycle de serrage et de desserrage et de l'état de surface des pièces assemblées. En outre, le requérant n'évalue pas l'impact de l'effort thermomécanique sur le risque d'auto-desserrage de l'assemblage vissé, alors que les éléments participant à la fermeture des demi-coques sont en acier noir de nuances différentes conduisant à des coefficients de dilatation thermique significativement différents.

**L'ensemble des éléments présentés ci-avant conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

#### Comportement mécanique en conditions accidentelles de transport

Pour rappel, la démonstration de la tenue mécanique des liaisons boulonnées des demi-coques en CAT repose sur des essais de chutes réalisés avec des prototypes des modèles de colis FCC3 et FCC4 à la température ambiante. À l'issue de ces essais, aucune rupture de vis de fermeture n'avait été constatée. Toutefois, ces essais ne tenaient pas compte du cumul des chutes représentatives des conditions normales de transport (CNT) et des CAT.

En réponse à une demande de l'ASN de justifier l'absence de désolidarisation des demi-coques de l'emballage à l'issue de la séquence de chute la plus pénalisante, en cumulant les CNT et les CAT à la température la plus pénalisante, le requérant a réalisé deux modélisations numériques. La première modélisation sert de calcul de référence pour évaluer les contraintes mécaniques dans les vis de fermeture des demi-coques. La seconde modélisation, représentative de l'emballage FCC3 tel que construit (le requérant considère qu'une chute de l'emballage FCC3 est enveloppe d'une chute de l'emballage FCC4), permet d'étudier une hauteur de chute enveloppe du cumul des CNT et des CAT et de réaliser des calculs à la température maximale des matériaux en CNT. Les contraintes mécaniques évaluées avec les deux modélisations, notamment celles transitant par les vis de fermeture des demi-coques dans les deux modèles, sont ensuite comparées. Par ailleurs, le requérant effectue des études de sensibilité afin d'évaluer l'influence de certains paramètres (contrainte d'écrasement du matériau amortisseur, couple de serrage et coefficient de frottement des vis...) sur les contraintes obtenues sur les vis de fermeture. **L'IRSN considère satisfaisante la prise en compte de tous ces éléments.**

En revanche, seule la configuration d'une chute verticale est étudiée. Le caractère conservatif de la chute retenue pour étudier la tenue mécanique des vis de fermeture n'est pas justifié. L'IRSN rappelle que des orientations de chute différentes peuvent entraîner le cisaillement des vis de fermeture des coques et par conséquent un déplacement voire une désolidarisation des demi-coques de l'emballage. **Aussi l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le conservatisme de l'orientation de chute retenue dans l'étude de la tenue mécanique des vis de fermeture des demi-coques des modèles de colis FCC.**

Enfin, les résultats des simulations numériques montrent des valeurs de contraintes sur les vis de fermeture des demi-coques supérieures à la limite à la rupture de ces vis. Aussi, l'IRSN estime que la première modélisation numérique ne constitue pas un recalage basé sur les résultats de l'essai de chute libre de 9 m. L'approche du requérant, visant à comparer les niveaux de contraintes des vis obtenus à partir des deux modélisations n'apparaît donc pas pertinente à ce stade. **Aussi, le risque de désolidarisation des deux demi-coques de l'emballage ne peut pas être écarté en CAT.** L'intégrité de l'aménagement interne et des contenus transportés pourraient alors être mise en cause.

**En l'état, l'IRSN estime que les éléments apportés par le requérant ne permettent pas de répondre de manière suffisante à la demande de l'ASN.**

## 2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE

En réponse à la demande de l'ASN portant sur la tenue des gaines au fluage en considérant leurs déformations géométriques maximales à l'issue des chutes représentatives des colis FCC en CAT, le requérant a réalisé des études de sensibilité pour différentes configurations de déformations géométriques des gaines des éléments combustibles. Il conclut au respect du critère de tenue des gaines au fluage.

L'IRSN estime que l'ensemble des configurations retenues par le requérant permettent de couvrir les déformations potentielles des gaines lors des chutes. Les résultats obtenus n'appellent pas de remarque particulière. **Aussi, l'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant répondent de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

## 2.3. FABRICATION

Conformément à une demande de l'ASN formulée à la suite de la précédente demande de renouvellements d'agrément, le requérant présente dorénavant, dans les dossiers de sûreté, les conditions de mise en œuvre des blocs de bois, ainsi que les contrôles de leurs caractéristiques mécaniques. **Ceci est satisfaisant.**

En réponse à une demande de l'ASN relative au risque de rupture brutale des vis de fermeture des demi-coques des modèles de colis FCC, le requérant indique que le traitement de surface appliqué à ces vis est un revêtement de zinc lamellaire conforme à la norme NF EN ISO 10683. Les dossiers de sûreté ont été mis à jour en conséquence. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

## 2.4. MÉCANISMES DE VIEILLISSEMENT

Dans le cadre de la présente demande de renouvellements d'agrément, le requérant a modifié les chapitres des dossiers de sûreté relatifs à l'utilisation et la maintenance des modèles de colis de FCC pour intégrer les nouvelles exigences du paragraphe 613A de la réglementation citée en seconde référence, relatives à la prise en compte des mécanismes de vieillissement des éléments qui composent les emballages. À cet égard, le requérant évalue les conséquences des phénomènes liées à l'effet de la présence d'humidité, de la température sur les matériaux, de l'irradiation liée à la présence de matière radioactive et de la fatigue liée au mode de transport des modèles de colis FCC. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

## 3. 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 estime que les modèles de colis FCC3 et FCC4 chargés d'assemblages combustibles neufs ou de crayons non assemblés neufs, tels que définis dans les projets des certificats d'agrément tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, sont conformes aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type IP-2 pour matières fissiles et de type A pour matières fissiles.

En outre, l'IRSN estime que la société Orano NPS n'a pas répondu de manière suffisante à la demande n° 1 formulée par l'ASN à l'issue de l'instruction de la précédente demande de renouvellements d'agrément.

Enfin, l'IRSN estime que, afin d'améliorer la démonstration de sûreté, la société Orano NPS devrait tenir compte de l'observation n° 1 formulée en annexe au présent rapport.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00076 DU 19 AVRIL 2022**

### **Observation de l'IRSN**

#### **Observation N° 1**

L'IRSN estime que la société Orano NPS devrait justifier l'absence d'auto-desserrage des vis de fermeture des demi-coques des modèles de colis FCC3 et FCC4 lors des conditions de transport de routine pour des conditions ambiantes allant de -40 °C à 70 °C.