

Fontenay-aux-Roses, le 29 avril 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00090

---

**Objet :** Transport - Validation d'agrément du modèle de colis ANF-10

---

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2021-008760 du 12 mars 2021.  
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2012.  
[3] 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 du modèle de colis ANF-10 dont la société Framatome Advanced Nuclear Fuels (ANF) GmbH (dénommée ci-après le requérant) a déposé la demande de validation d'agrément en juin 2020.

Cette demande concerne le transport par voies routière, ferroviaire ou maritime de ce modèle de colis chargé d'assemblages combustibles neufs à base d'oxyde d'uranium destinés à un réacteur à eau bouillante (REB) ou de tubes de transport contenant des crayons combustibles enrichis utilisés dans les REB ou les réacteurs à eau sous pression (REP), en tant que colis industriel de type 2 (IP-2) pour matières fissiles. Le modèle de colis ANF-10 est actuellement agréé en Allemagne selon le règlement de transport de l'AIEA cité en seconde référence. Le requérant demande la validation de ce modèle de colis par rapport à l'édition 2018 du règlement de transport de l'AIEA cité en troisième référence.

Pour rappel, à la suite d'une demande de validation d'agrément déposée en 2004 par le requérant, le transport du modèle de colis ANF-10 a été autorisé sur le territoire français sous couvert d'une approbation d'expédition sous arrangement spécial, qui a expiré en 2005. Le requérant a ensuite déposé des demandes de validation en 2005 et 2018, qui n'ont pas été accordées par l'ASN. À la suite de l'instruction de ces demandes, dans une lettre de 2020, l'ASN a relevé des insuffisances portant, d'une part sur les justifications de l'évaluation en conditions accidentelles de transport (CAT) de la quantité de matière fissile potentiellement dispersée dans l'emballage, de l'état des crayons et de l'état des cavités, d'autre part sur la démonstration relative à la prévention des risques de criticité. L'ASN a également indiqué que, pour une nouvelle demande de validation d'agrément, le requérant devait mettre à jour le dossier de sûreté pour justifier le maintien de la sous-criticité à l'issue des épreuves réglementaires.

L'ASN demande en particulier à l'IRSN d'examiner la démonstration relative à la prévention des risques de criticité.

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

# 1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

L'emballage ANF-10, de forme parallélépipédique, est composé principalement d'un conteneur, d'un couvercle supérieur et d'un couvercle de tête fermant une des faces latérales. Le concept d'emballage ANF-10 n'a pas été modifié dans le cadre de la présente demande de validation.

Le conteneur de l'emballage délimite deux cavités dans lesquelles sont chargés les contenus à transporter. Le couvercle de tête est fixé au corps de l'emballage au moyen de vis. Il comprend deux tubes guides servant au calage de deux casiers de protection internes dans lesquels sont placés les contenus à transporter. Le couvercle supérieur est également vissé au conteneur.

Le corps et les deux couvercles sont composés de profilés et de tôles délimitant des espaces remplis d'une structure alvéolaire (en forme de nid d'abeille) en aluminium assurant le rôle d'amortisseur mécanique.

L'aménagement interne se compose de deux casiers internes perforés, calés dans la cavité de l'emballage par des plaques en polyéthylène et des blocs de mousse en polyéthylène. Les deux casiers internes sont perforés afin de permettre l'évacuation de l'eau qui pourrait s'infiltrer en CAT.

La demande de validation concerne deux contenus constitués d'assemblages combustibles neufs, à base d'oxyde d'uranium, destinés à un réacteur de type REB, et un contenu constitué de deux tubes transportant des crayons combustibles en quantité quelconque, non irradiés, de type REB ou REP. Pour chaque contenu, les crayons combustibles contiennent des pastilles d'oxyde d'uranium ou d'oxyde de gadolinium / oxyde d'uranium enrichis en  $^{235}\text{U}$ . Les pastilles sont enfermées dans des gaines en alliage de zirconium. Le confinement de la matière du modèle de colis ANF-10 est assuré par les gaines des éléments combustibles.

## 2. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

Les évolutions du dossier de sûreté transmis par le requérant portent principalement sur la prise en compte des demandes de l'ASN, formulées dans sa lettre de 2020, relatives à la démonstration du maintien de la sous-criticité.

### 2.1. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

#### 2.1.1. Conditions de transport de routine (CTR)

Le dossier de sûreté ne présente pas d'étude justifiant le comportement des vis des couvercles en CTR. Au cours de l'expertise, le requérant a rappelé la plage des couples prescrits sans toutefois justifier les valeurs retenues. L'IRSN considère qu'un risque d'auto-desserrage des vis lors du transport ne peut être écarté lorsque le couple appliqué n'est pas suffisamment élevé. Toutefois, selon le retour d'expérience en utilisation du modèle de colis ANF-10 présenté par le requérant, aucun desserrage n'a été observé à l'issue des transports. En tout état de cause, un auto-desserrage de plusieurs vis en CTR pourrait mettre en cause le maintien en position des couvercles en CAT. Le maintien en position des couvercles constituant une hypothèse de la démonstration relative à la prévention des risques de criticité du modèle de colis, le requérant devrait confirmer que le couple de serrage appliqué à l'ensemble des vis des couvercles du modèle de colis ANF-10 permet de garantir l'absence de desserrage de ces dernières en CTR. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

Le requérant a également ajouté, au dossier de sûreté, un calcul aux éléments finis visant à étudier le comportement du modèle de colis ANF-10 lors de sa manutention. Il s'est notamment appuyé sur le retour d'expérience en utilisation des colis pour définir le nombre de cycles retenus. Il conclut que les marges sont suffisantes pour assurer la résistance, en fatigue et au levage à l'arraché, des tourillons. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

### 2.1.2. Conditions accidentelles de transport

Pour mémoire, le requérant s'appuie, dans sa démonstration du comportement mécanique du modèle de colis ANF-10 en CAT, sur des essais de chute réalisés en 2000 et sur des calculs numériques.

S'agissant de l'analyse numérique, le requérant l'utilise d'une part pour étudier le comportement du colis chargé d'assemblages combustibles neufs lors d'une chute en position verticale et d'autre part pour déterminer les orientations de chute occasionnant le plus de dommages à l'emballage et à son contenu.

Concernant les essais, le requérant a réalisé un premier programme d'essais de chute pour les contenus constitués d'assemblages combustibles neufs avec des prototypes de l'emballage ANF-10 chargés de deux assemblages factices. S'agissant du contenu constitué de crayons combustibles conditionnés dans des tubes de transport, le requérant a réalisé des essais de chute de deux crayons factices constitués de pastilles en acier, hors emballage.

Dans ses avis antérieurs, l'IRSN concluait que les orientations de chute retenues lors des essais, ainsi que la représentativité des assemblages et des crayons factices utilisés lors des essais, n'étaient pas suffisamment justifiées pour démontrer l'absence de rupture de la gaine des crayons combustibles et de dispersion de matière fissile dans la cavité de l'emballage à la suite d'une chute représentative des CAT.

Dans le dossier transmis à l'appui de sa demande de validation d'agrément, le requérant n'a pas apporté de nouveaux éléments pour justifier la représentativité des assemblages et des crayons factices utilisés lors des essais de chute, ni pour justifier les orientations de chute retenues lors des essais.

Pour ce qui concerne la justification des orientations de chute retenues lors des essais, l'IRSN souligne qu'aucun recalage n'a été réalisé pour valider le modèle utilisé pour déterminer les orientations de chute. Au cours de l'expertise, le requérant a transmis des éléments visant à justifier que l'essai de chute sur coin n'ait pas été retenu. **Toutefois, pour l'IRSN, ces éléments complémentaires, qui sont uniquement qualitatifs, ne sont pas suffisants pour justifier le caractère pénalisant des orientations de chute retenues.**

S'agissant de la représentativité des assemblages factices utilisés lors des essais, le requérant a précisé au cours de l'expertise que les caractéristiques mécaniques de l'alliage des gaines des crayons factices utilisés lors des chutes ne présentent pas d'écart significatif par rapport à l'alliage de zircaloy des crayons réels et que les pastilles en plomb utilisées lors des essais sont moins robustes que les pastilles d'UO<sub>2</sub>. **L'IRSN considère que les éléments complémentaires transmis dans le cadre de la présente expertise, qui sont uniquement qualitatifs, ne sont pas suffisants pour justifier la représentativité des assemblages ayant chutés lors des essais.**

À la suite des essais de chute, un nombre important de vis des couvercles du prototype a été cisailé, mais les couvercles sont restés en position. Le requérant a précisé que la conception du prototype utilisé est différente de celle du modèle de colis ANF-10 qui présentent des dispositions (taille des trous de passage des vis des deux couvercles, système anti-cisaillement sur le couvercle de tête) qui permettent de réduire le cisaillement des vis. **L'IRSN convient que le système anti-cisaillement constitue un dispositif de nature à réduire le risque d'ouverture du colis.**

Concernant le contenu constitué de crayons combustibles conditionnés en tube de transport, le requérant considère que ces derniers restent intègres après les chutes représentatives des CAT. Il s'appuie sur les essais de chute réalisés et conclut à l'absence de perte d'étanchéité des crayons. L'IRSN rappelle que la représentativité des essais réalisés, en termes de matériaux et de géométrie notamment, n'est pas justifiée. Cependant, les essais ayant été réalisés sur des crayons non munis d'un emballage, les amortisseurs en aluminium de type nids d'abeille qui équipent les emballages sont de nature à diminuer les contraintes subies par les crayons. Aussi, l'IRSN estime que le risque de rupture des crayons transportés devrait être limité. Enfin, le requérant considère dans son étude de criticité que les chutes représentatives des CAT n'entraînent pas de modification de la géométrie des tubes de transport. **L'IRSN estime que les essais réalisés par le requérant ne permettent pas d'apprécier la validité de cette hypothèse.**

En tout état de cause, l'IRSN estime que les éléments complémentaires concernant le caractère enveloppe des orientations de chutes retenues lors des essais et la représentativité des assemblages et des crayons factices ayant chutés ne sont pas suffisants pour justifier l'ensemble des hypothèses retenues dans la démonstration de la prévention des risques de criticité du modèle de colis ANF-10 (absence de rupture des gaines des crayons combustibles neufs, maintien des couvercles et absence de réduction des dimensions extérieures de l'emballage en CAT, maintien de la géométrie des tubes de transport). **Ces éléments conduisent l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

## 2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE EN CAT

L'analyse du requérant relative au comportement thermique du colis en conditions accidentelles de transport repose sur un essai de feu réalisé sur une maquette de l'emballage ANF-10 endommagée et chargée de deux assemblages factices et sur un essai de montée en température de crayons factices de type REB en molybdène dans un four. Aucune fuite des crayons n'a été relevée à l'issue des essais. Cette démonstration n'a pas été mise à jour par le requérant dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément.

L'IRSN rappelle que les essais réalisés permettent d'appréhender le comportement des crayons combustibles de type REB jusqu'à des températures de 800 °C. Toutefois, les tubes transportant des crayons combustibles contiennent également des crayons de type REP dont le matériau de gainage et les dimensions sont différents de ceux des crayons de type REB. L'IRSN estime que la transposition aux crayons de type REP des conclusions des essais de montée en température réalisés par le requérant n'est pas justifiée. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe 1 au présent avis.**

## 2.3. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

En réponse à des demandes de l'ASN, le requérant a mis à jour la démonstration du maintien de la sous-criticité dans le dossier de sûreté transmis à l'appui de sa demande de validation. Ces demandes concernent, d'une part l'absence de fonte du polyéthylène qui peut potentiellement venir modérer la matière fissile de manière plus efficace que l'eau, d'autre part l'absence de vidange différentielle dans le cas où les casiers de protection contenant la matière fissile sont décentrés radialement dans leur logement (à la suite de la fonte des matières plastiques).

L'IRSN considère que les configurations de calcul (colis isolé en conditions normales et accidentelles de transport, réseau infini de colis en conditions normales de transport et réseau fini de colis en conditions accidentelles de transport), retenues par le requérant dans sa démonstration, répondent de manière satisfaisante aux exigences de la réglementation. En outre, les valeurs maximales du facteur de multiplication effectif obtenues par le requérant sont toutes inférieures aux critères d'admissibilité usuellement retenus en France. **L'IRSN estime donc que la démonstration relative à la prévention des risques de criticité du modèle de colis ANF-10 est satisfaisantes.** Toutefois, comme indiqué aux paragraphes 2.1.2 et 2.2 du présent avis, les démonstrations relatives au comportement du colis en CAT ne sont pas suffisantes pour justifier certaines hypothèses retenues dans la démonstration du maintien de la sous-criticité (dimensions extérieures de l'emballage, intégrité des crayons combustibles contenus dans les assemblages, intégrité du conteneur et des couvercles de l'emballage).

## 2.4. UTILISATION ET MAINTENANCE

Les contrôles de maintenance prévus par le requérant sont effectués tous les 15 cycles de transport ou tous les 3 ans et des contrôles additionnels sont effectués tous les 60 cycles ou tous les 6 ans. L'IRSN note que le dossier du requérant ne présente pas de justification du maintien des caractéristiques mécaniques des structures en nids d'abeille en aluminium dans le temps compte tenu du vieillissement dû aux sollicitations en CTR. En outre, le programme d'entretien ne mentionne pas de contrôle spécifique de ces structures. Dans la mesure où ces dernières jouent un rôle d'amortisseur essentiel en cas de chute, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le maintien des caractéristiques mécaniques de ces structures en nids d'abeille. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, le requérant a transmis le retour d'expérience des colis ANF-10 utilisés sur la période 2014-2019. Durant cette période, aucun retour lié à un problème d'utilisation ou de manipulation n'a été signalé et seules des pièces dites consommables ont été remplacées. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

### 3. CONCLUSION

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par le requérant et des compléments apportés au cours de l'expertise, l'IRSN considère que la démonstration relative à la prévention des risques de criticité du modèle de colis ANF-10, tels que défini dans le projet de certificat d'agrément, est satisfaisante pour toutes les conditions de transport retenues dans la réglementation en vigueur. Toutefois, l'IRSN considère que les justifications du comportement du colis en CAT ne sont pas suffisantes pour justifier certaines hypothèses retenues dans la démonstration du maintien de la sous-criticité. En conséquence, l'IRSN estime que le requérant doit compléter sa démonstration de sûreté en tenant compte des recommandations formulées en annexe 1 au présent avis.

Aussi, l'IRSN considère que le modèle de colis ANF-10, tel que défini dans le projet de certificat d'agrément, n'est pas conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis industriel du type 2 contenant des matières fissiles.

Par ailleurs, afin d'améliorer la démonstration de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00090 DU 29 AVRIL 2022**

### **Recommandations de l'IRSN**

#### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande que le requérant justifie la représentativité des essais et du modèle numérique utilisés pour étudier le comportement du modèle de colis ANF-10 lors des chutes représentatives des conditions accidentelles de transport. Il devra en particulier justifier, pour la plage de température réglementaire, le caractère pénalisant de la modélisation du modèle de colis, des orientations de chute retenues et des prototypes chargés d'assemblages factices ayant chuté.

#### **Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande que le requérant justifie l'absence de fuite des crayons de type REP présents dans l'un des contenus du modèle de colis ANF-10 à la suite de l'épreuve d'incendie réglementaire.

## **ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00090 DU 29 AVRIL 2022**

### **Observations de l'IRSN**

#### **Observation n° 1**

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que le couple de serrage appliqué à l'ensemble des vis des couvercles du modèle de colis ANF-10 permet de garantir l'absence de desserrage de ces dernières en conditions de transport de routine.

#### **Observation n° 2**

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier le maintien des caractéristiques mécaniques de la structure en nid d'abeille du modèle de colis ANF-10 dans le temps compte tenu du vieillissement dû aux sollicitations en conditions de transports de routine et à la présence d'humidité.