

Fontenay-aux-Roses, le 28 octobre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2020-00166

---

**Objet :** Transport – Prorogation d'agrément – Emballage AGNES chargé de cibles irradiées

---

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2019-037633 du 4 septembre 2019.  
[2] Règlement de transport de l'AIEA n°SSR-6 édition 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 demande de prorogation d'agrément présentée par la société GETINGE – LA CALHENE, ci-après dénommée « le requérant », pour le modèle de colis AGNES.

Cette demande concerne le transport par voie routière du modèle de colis AGNES chargé de cibles irradiées composées d'oxydes d'uranium, les contenus étant considérés « fissiles exceptés » au sens de la réglementation citée en seconde référence. Pour mémoire, ce modèle de colis a fait l'objet d'évolutions successives à partir d'un concept initial datant des années 1990. La dernière évolution en date concerne les capots amortisseurs, remplacés en 2015 à l'occasion de la précédente demande de prorogation d'agrément. L'IRSN a expertisé en 2016 des compléments portant sur le concept et la fabrication de ces capots à la suite d'une inspection de l'ASN. Cette expertise a conclu à la non-conformité des bois constitutifs des capots amortisseurs. En réponse, le requérant a apporté des compléments qui ont fait l'objet d'une expertise de l'IRSN en 2018, à l'issue de laquelle l'ASN a demandé au requérant de compléter la caractérisation du bois, d'une part en présentant des coefficients de sûreté par rapport à la limite à la rupture pour les vis, d'autre part en spécifiant les caractéristiques mécaniques des blocs de bois utilisés. À l'occasion de la présente demande de prorogation, le requérant a apporté des réponses supplémentaires aux éléments soulevés lors de ces différentes expertises.

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

# 1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

## 1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

Le modèle de colis AGNES est constitué d'un corps cylindrique vertical, dont les extrémités supérieure et inférieure sont munies d'un capot amortisseur. Les deux capots amortisseurs sont constitués d'une enveloppe en acier équipée de bouchons fusibles, de blocs de bois, d'une tôle anti-poinçonnement en acier, d'une protection thermique et de plaques de calage en silicone. Ils sont reliés par une virole perforée soudée au capot supérieur et vissée au capot inférieur par des vis. Le corps cylindrique est constitué de l'intérieur vers l'extérieur d'un fourreau, d'une protection radiologique en plomb, d'une virole en acier inoxydable, d'un isolant thermique et d'une virole extérieure en acier inoxydable. Le corps est fermé en parties supérieure et inférieure par des couvercles en acier inoxydable, appelés respectivement « bride de sécurité avant » et « bride de sécurité arrière », chacune d'entre elles étant équipée de deux joints toriques concentriques en éthylène propylène-diène monomère (EPDM) permettant d'assurer l'étanchéité du modèle de colis.

En réponse à une demande de l'ASN, le requérant présente dorénavant dans le dossier de sûreté pour l'ensemble des matériaux constituant les capots amortisseurs, les évolutions des caractéristiques mécaniques en fonction des températures étudiées dans le cadre des chutes réglementaires. Toutefois, pour ce qui concerne les essences de bois utilisées, le requérant fixe des valeurs de contraintes et de résistances (élastiques et à la rupture) sans marge de tolérance. Or, étant donné les dispersions naturelles observées pour les caractéristiques et propriétés mécaniques des essences de bois, l'IRSN estime nécessaire de prendre des marges de tolérance en compte dans les spécifications des différentes essences de bois, ce qui n'est pas fait par le requérant. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.**

## 1.2. DESCRIPTION DES CONTENUS

Le modèle de colis AGNES transporte trois contenus différents. Le contenu n°1 est constitué de trois cibles hautement enrichies en uranium 235, dites HEU, sous la forme de cylindres creux. Les contenus n°2 et 3 sont constitués de trois cibles faiblement enrichies en uranium 235, dites LEU, sous la forme de plaques rectangulaires. Pour toutes les cibles, le combustible est mélangé avec de la poudre d'aluminium et gainé d'aluminium. Les cibles irradiées sont insérées dans un conteneur interne décrit ci-après.

## 1.3. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS INTERNES

Les aménagements internes sont constitués d'un conteneur interne, formant trois logements dans lesquels sont placées les cibles, et d'un bouchon en plomb et en tungstène. Le conteneur interne pour les cibles HEU forme trois logements de forme cylindrique. Le conteneur interne pour les cibles LEU forme trois logements de forme parallélépipédique disposés en triangle. Le bouchon de plomb est placé au-dessus du conteneur interne pour compléter la protection radiologique de l'emballage. En outre, l'étanchéité du conteneur interne est assurée par des dispositifs équipés de joints. Le conteneur interne est placé à l'intérieur du fourreau de l'emballage.

# 2. COMPORTEMENT MECANIQUE

À l'occasion de la présente demande de prorogation d'agrément, le requérant a révisé intégralement les démonstrations mécaniques du dossier de sûreté du modèle de colis AGNES.

## 2.1. CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Le requérant a révisé les calculs analytiques en statique de tenue à l'arrimage et aux opérations de manutention. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant sont satisfaisants.**

Les calculs de tenue en fatigue lors de ces opérations ont également été intégralement révisés en appliquant pour les pièces métalliques et les soudures une méthode de calcul en fatigue établie par le CETIM. Le requérant conclut à la présence de marges de sûreté suffisantes. Pour les pièces métalliques constitutives des organes d'arrimage et de manutention, l'IRSN estime que la méthode employée ainsi que les résultats sont satisfaisants. En revanche, l'IRSN relève que la méthode employée n'est pas applicable aux soudures. Néanmoins, du fait de la présence de marges de sûreté et en l'absence d'évènements relatifs aux soudures, l'IRSN estime que le risque de rupture en fatigue des différentes soudures devrait cependant être limité. En tout état de cause, le requérant devrait compléter ses justifications de tenue en fatigue des différentes soudures en se fondant sur des normes ou méthodes applicables. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 2.**

## 2.2. CONDITIONS NORMALES ET ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Dans le cadre de la présente demande d'agrément, le requérant n'a pas effectué d'essais de chute du modèle de l'emballage avec le nouveau concept de capots amortisseurs. Aussi, pour valider le nouveau modèle numérique, il a simplifié la géométrie du modèle numérique de l'ancien concept des capots amortisseurs pour le recalculer par rapport aux essais de chute de l'ancien concept. Puis, il a extrapolé les conclusions du recalage de l'ancien modèle numérique pour élaborer le modèle du nouveau concept des capots amortisseurs.

En réponse à une demande de l'ASN, les accélérogrammes, obtenus par simulation numérique des chutes en conditions accidentelles de transport (CAT), font à présent l'objet d'un post-traitement numérique. Il apparaît que les accélérations recoupent globalement les niveaux mesurés lors des essais avec l'ancien concept de capots. **Ceci est satisfaisant.**

Pour ce qui concerne la demande de l'ASN relative à la représentativité du modèle numérique, le requérant a apporté des éléments de comparaison entre les essais et les chutes simulés en termes d'énergie. L'IRSN considère que le requérant devrait compléter la validation du modèle numérique par une étude de sensibilité des caractéristiques et propriétés mécaniques des essences de bois. **En l'état, la demande de l'ASN sur cet aspect ne peut être soldée.**

En tout état de cause, l'écart maximal de masses des capots estimé par l'IRSN entre le spécimen de chute et les simulations numériques étant inférieur à 10 %, **l'IRSN estime que les variations de concept et de masses ne devraient pas mettre en cause les conclusions des études mécaniques en conditions normales et accidentelles de transport.** Le requérant devrait toutefois mieux prendre en compte ces variations dans sa démonstration. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3.**

Les résultats des calculs mécaniques en conditions normales de transport (CNT) et en CAT concernant l'enveloppe de confinement montrent des niveaux de performances satisfaisants. En revanche, les capots amortisseurs présentent des endommagements plus importants : en plus de déchirures locales de la tôle entourant les blocs de bois, une vis rompt et une autre plastifie lors d'une chute réglementaire en CAT à la température maximale obtenue en CNT. Même si des améliorations sur les spécifications mécaniques des matériaux et sur la modélisation, évoquées ci avant, restent encore à apporter, le nouveau concept de capots permet d'assurer une meilleure fonction d'amortisseur que l'ancien concept. Pour rappel, l'étanchéité était déjà maintenue lors des essais de chutes réalisés avec les anciens capots. Aussi, **l'IRSN estime que les démonstrations relatives à la tenue mécanique et au niveau d'étanchéité de l'enveloppe de confinement sont acceptables.**

## 3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Dans le cadre de la présente demande de prorogation d'agrément, le requérant a révisé les études thermiques en CNT et en CAT.

Pour l'étude en CNT, **les hypothèses et les résultats n'appellent pas de remarque particulière.**

Pour l'étude en CAT, la seule modification apportée dans le cadre de la présente demande de prorogation porte sur les caractéristiques thermiques du plâtre afin de tenir compte de l'augmentation de la densité réelle

constatée. L'IRSN relève que les résultats des calculs au niveau des brides de sécurité sont supérieurs aux relevés sur le spécimen. En revanche, la température calculée à l'issue de l'épreuve de feu de la virole extérieure est sous-estimée par comparaison avec les relevés effectués sur le spécimen d'essai à l'issue de l'essai. En outre, les températures du modèle de colis avant la phase simulant l'incendie sont celles qui figuraient dans la précédente version de la note de justifications thermiques en CNT où la durée d'exposition était inférieure à une semaine. Les données d'entrées de la note de comportement thermique en CAT ne reprennent donc pas les conclusions de la nouvelle note de justifications en CNT. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 4.** L'IRSN relève également que la densité du plâtre retenue n'est pas conforme à celle retenue dans le chapitre de définition du modèle de colis. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 5.**

Par ailleurs, la poursuite de la combustion du bois des capots n'est pas étudiée, alors que les résultats des chutes mécaniques en CAT du modèle de colis font état de rupture de tôle au niveau des capots amortisseurs. En cas de chute sur poinçon, consécutive au droit d'une des déchirures, il existe donc un risque de découvrir suffisamment le bois pour que la combustion du bois des capots puisse se poursuivre. Or la poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue des trente minutes d'incendie pourrait induire une augmentation de température des joints de confinement de l'ordre de 50°C, ce qui remettrait en cause leur tenue en température et donc les résultats de l'étude de relâchement d'activité. En outre, les essais réglementaires ont montré une poursuite de combustion du capot après la fin de l'essai de feu. Aussi, compte-tenu de la masse très importante de bois et de l'apport énergétique qu'induirait la poursuite de la combustion des capots, il apparaît nécessaire que le requérant s'assure que cette combustion n'est pas de nature à mettre en cause la tenue des joints. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°1.**

Enfin, le requérant utilise pour les joints en EPDM des valeurs de coefficient linéique de dilatation et de déformation rémanente à la compression (DRC) inférieures aux valeurs usuellement retenues. Il justifie ces valeurs en indiquant qu'elles correspondent aux spécifications des fournisseurs. Les conditions thermo-mécaniques d'utilisation des joints ayant une influence importante sur les valeurs de DRC des joints en EPDM, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier que les conditions expérimentales d'obtention des valeurs spécifiées par les fournisseurs sont représentatives des conditions réelles en CAT. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 6.**

## 4. RADIOPROTECTION

Pour la présente demande de prorogation d'agrément, le requérant a révisé l'étude de radioprotection du modèle de colis AGNES.

Pour son étude, il considère un spectre relatif au transport de trois cibles HEU, considérant que le spectre radiologique des cibles LEU est largement couvert, étant donné le différentiel de puissance thermique entre les deux types de cibles. Les sources sont considérées comme étant isotropes, la répartition de l'activité étant homogène sur tout le volume de la cavité, et les variations de position du contenu au sein de la cavité sont prises en compte dans les différentes conditions de transport. Par ailleurs, une description exhaustive de la composition chimique des matériaux constitutifs du blindage est apportée par le requérant.

Les résultats montrent des marges de sûreté importantes. Ils montrent également que les débits d'équivalents de dose maximaux, pour toutes les configurations, se situent au niveau de la bride de sécurité arrière, c'est-à-dire dans la zone où la protection radiologique est la plus faible. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

## 5. CONFINEMENT – RELACHEMENT D'ACTIVITE

Conformément à une demande de l'ASN, le requérant a complété le chapitre du dossier de sûreté relatif aux démonstrations de relâchement d'activité par l'ajout des contrôles d'étanchéité. **Ceci est satisfaisant.**

## 6. RADIOLYSE

En réponse à une demande de l'ASN, l'étude des risques liés à la production par radiolyse de gaz inflammables a été intégralement révisée à l'occasion de la présente demande de prorogation d'agrément. Pour cette étude, le requérant se fonde dorénavant sur la théorie de Chapman-Jouguet, **ce qui est satisfaisant.** Ainsi, le requérant détermine la quantité de dihydrogène nécessaire pour provoquer une explosion susceptible d'entraîner la rupture des vis de fixation des brides afin de démontrer qu'une telle quantité ne se situe pas dans le domaine d'inflammabilité du mélange gazeux. Les gaz produits par radiolyse sont issus de l'eau résiduelle après séchage de la cavité interne ou d'une détérioration des joints en EPDM qui équipent les conteneurs internes, ainsi que les joints de l'enveloppe de confinement (brides avant et arrière et obturateur de la bride avant). Le scénario de transport étudié est le cumul d'un an de transport en CNT, suivi de trente minutes d'incendie en CAT et de sept jours de refroidissement.

**L'IRSN estime que la méthode utilisée et les hypothèses de calculs de quantités de H2 sont globalement satisfaisantes. Dans ces conditions, le risque de rupture d'étanchéité du modèle de colis AGNES lié à une éventuelle explosion peut être écarté. L'IRSN identifie toutefois des améliorations à apporter à cette étude en termes de méthode, d'hypothèses et de justifications qui font l'objet de l'observation n° 7.**

## 7. INSTRUCTIONS D'UTILISATION

La note relative aux instructions d'utilisation du modèle de colis AGNES a été révisée depuis la dernière demande de prorogation. Elle précise en particulier que toute lubrification de vis à l'intérieur de l'enveloppe de confinement est interdite. Pour ce qui concerne la lubrification des vis de fixation des capots, le requérant a indiqué en cours d'expertise que la lubrification de ces vis n'était pas systématiquement appliquée à la fois sur les filets et sous les têtes de vis bien que les calculs de dimensionnement le prennent en compte. L'IRSN souligne l'importance d'appliquer la lubrification sur l'ensemble des parties de la vis. **Ceci fait l'objet de l'observation n°8.**

## 8. RETOUR D'EXPERIENCE

Le retour d'expérience montre que des coups sur les portées de joints ont été relevés et qu'ils ont conduit à leur réusinage. L'IRSN estime que le requérant devrait apporter des compléments afin de préciser comment il s'assure, après cette opération de réparation, que la hauteur des portées de joint est suffisante afin de garantir un écrasement suffisant des joints, compte tenu des géométries de la portée (proéminente par rapport à la surface), de la bride et de l'assemblage vissé. **Ce point fait l'objet de l'observation n°9.**

Par ailleurs, le retour d'expérience montre qu'en raison de la mise en dépression du volume, l'ouverture de cette bride s'effectue à l'aide d'une clé faisant office de bras de levier entre la bride de sécurité et le conteneur. Cette manipulation n'est pas décrite dans la notice d'utilisation. En outre, l'IRSN considère que le requérant devrait s'interroger sur l'effet de cette opération sur la bride qui est un élément de l'enveloppe de confinement, même si le retour d'expérience ne fait état d'aucun endommagement de cette nature. **Ceci fait l'objet de l'observation n°10.**

## 9. CONCLUSION

Compte tenu des justifications de sûreté présentées par le requérant, l'IRSN considère que le modèle de colis AGNES tel que défini dans le projet de certificat, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis du type B(U).

Le requérant devra toutefois prendre en compte la recommandation formulée en annexe 1 du présent avis.

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

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2020-00166 DU 28 OCTOBRE 2020**

### **Recommandation de l'IRSN**

#### **Recommandation n°1**

L'IRSN recommande que le requérant démontre qu'après l'incendie réglementaire, la poursuite de la combustion du bois des capots en cas de découverture du bois à la suite d'une déchirure de la tôle ne conduit pas à mettre en cause la tenue en température des joints en EPDM du modèle de colis AGNES.

## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2020-00166 DU 28 OCTOBRE 2020

### Observations de l'IRSN

#### Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait spécifier les intervalles de tolérance des caractéristiques du bois pour justifier les hypothèses retenues dans les démonstrations de tenue mécanique en chute du modèle de colis AGNES.

#### Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait s'assurer de la tenue en fatigue des différentes soudures des organes d'arrimage et de manutention du modèle de colis AGNES en se fondant sur des normes ou méthodes justifiées et applicables.

#### Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait intégrer les modifications apportées au concept des capots amortisseurs à l'étude de représentativité du modèle numérique du modèle de colis AGNES.

#### Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait utiliser les nouvelles températures calculées en CNT comme données d'entrée des calculs thermiques en CAT, afin de s'assurer de la cohérence entre les relevés réalisés sur le spécimen d'essai et les températures calculées de la virole extérieure.

#### Observation n° 5

L'IRSN estime que l'étude de comportement thermique en conditions normales de transport et en conditions accidentelles de transport devrait tenir compte des caractéristiques du plâtre spécifiées dans le chapitre de définition du modèle de colis AGNES.

#### Observation n° 6

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que la valeur de DRC retenue dans les calculs du taux de compression des joints d'étanchéité est représentative des conditions d'utilisation (cyclage mécanique, temps de maintien en pression, température...) des joints du modèle de colis AGNES.

#### Observation n° 7

L'IRSN estime que le requérant devrait conforter l'étude de risques de radiolyse en :

- justifiant l'absence de risque de détonation ;
- en réalisant un calcul de dépôt d'énergie justifié dans les joints élastomères ;
- en évaluant la LSE en tenant compte d'une loi adaptée ;
- en tenant compte des températures atteintes en conditions accidentelles de transport.

**Observation n°8**

L'IRSN estime que le requérant devrait préciser dans la notice d'utilisation que la lubrification des vis de fixation des capots doit être réalisée conjointement sur les filets et sous les têtes de vis.

**Observation n°9**

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que le réusinage des portées de joints permet de garantir un écrasement correct des joints conforme à la définition du modèle de colis AGNES.

**Observation n°10**

L'IRSN estime que le requérant devrait s'assurer que l'opération d'ouverture de l'enveloppe de confinement du modèle de colis AGNES n'est pas de nature à mettre en cause la capacité des éléments de cette enveloppe à maintenir leur fonction de sûreté.