

Fontenay-aux-Roses, le 16 mai 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n°2017-00164

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 24 SH chargé de combustible irradié

- Réf.
1. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-018435 du 18 mai 2016
  2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2012

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande 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 AREVA TN International pour l'emballage TN 24 SH chargé de combustibles irradiés en tant que colis de type B(U) pour matières fissiles.

Le modèle de colis TN 24 SH est utilisé actuellement en Belgique pour le transport et l'entreposage à sec de longue durée d'assemblages de combustibles irradiés. Les contenus autorisés dans l'emballage TN 24 SH sont, soit exclusivement des assemblages dits sains, c'est-à-dire ne contenant aucun crayon inétanche ou rupté (contenus n° 1 à n°4), soit des assemblages sains et un carquois de crayons inétanches (ou ruptés), séchés et encapsulés (contenu n° 5). Le requérant inclut à sa demande de prorogation une extension du certificat d'agrément au nouveau contenu n°6 constitué d'assemblages de combustibles irradiés présentant des puissances thermiques hétérogènes.

Le dossier de sûreté transmis à l'appui de cette demande a été complété pour tenir compte du nouveau contenu n°6 et des demandes formulées par l'ASN à la suite de précédentes expertises de l'IRSN, notamment celles relatives à la précédente demande de prorogation d'agrément du colis TN 24 SH et de la demande d'extension d'agrément pour le contenu n°5.

Ce dossier de sûreté ainsi que les compléments présentés par le requérant au cours de l'instruction ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en deuxième référence. De cette expertise, il ressort les principaux points suivants.

## 1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

### 1.1 Description de l'emballage

L'emballage TN 24 SH est de forme générale cylindrique. Il est formé radialement d'une virole épaisse en acier, recouverte de résine neutrophage traversée par des conducteurs thermiques. La cavité est fermée par deux couvercles vissés : le couvercle primaire est équipé de joints

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

métalliques et le couvercle secondaire est équipé de joints en élastomère. Le système amortisseur de choc est composé d'un amortisseur de tête et d'un amortisseur de fond en bois recouvert de tôles d'acier, ainsi que de couronnes en aluminium. La masse du colis est d'environ 106 tonnes. L'emballage est équipé de tourillons permettant sa manutention et son arrimage.

Dans le cadre de la présente demande, les principales évolutions apportées au concept d'emballage TN 24 SH sont les suivantes :

- la masse maximale de l'emballage à vide a été légèrement augmentée ;
- un nouveau type de résine neutrophage peut recouvrir la virole de l'emballage TN 24 SH.

## 1.2 Description des contenus

Le modèle de colis TN 24 SH est conçu pour transporter dans un panier des assemblages de combustibles à base d'oxyde d'uranium irradiés dans des réacteurs à eau sous pression (REP). Les contenus n°1 à 4 sont constitués d'au maximum 37 assemblages de combustibles irradiés ; ils se distinguent par leur enrichissement initial en uranium 235, leur puissance thermique et le type de panier dans lequel ils sont chargés. Le contenu n°5 est formé de 36 assemblages sains et d'un carquois, placé au centre d'un panier, contenant 35 capsules ; chaque capsule, en acier inoxydable, contient un crayon de combustible ou un tronçon de crayon ayant fait l'objet d'un séchage individuel.

Dans le cadre de la présente demande, le taux de combustion maximal des assemblages de combustibles irradiés correspondant aux contenus 1, 2, 3 et 4 a été augmenté et le contenu n°6 constitué d'au maximum 28 assemblages de combustibles irradiés présentant des puissances thermiques hétérogènes a été ajouté.

L'IRSN estime que certaines caractéristiques des matériaux constitutifs du modèle de colis (isolant du capot, résines, carquois), qui sont utilisées dans les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 SH, nécessiteraient d'être mentionnées dans le dossier de sûreté. Ceci fait l'objet des observations 1.A à 1.C de l'annexe 2 au présent avis.

## 2 COMPORTEMENT MECANIQUE DE L'EMBALLAGE

### 2.1 Conditions de transport de routine

Dans le cadre de la présente demande, le requérant a mis à jour les justifications de la tenue mécanique des organes d'arrimage et de manutention du modèle de colis TN 24 SH afin notamment de prendre en compte la modification du coefficient de frottement des vis de fixation des tourillons de l'emballage qui a été réalisée également pour les autres emballages de la famille TN 24 ainsi que de la possibilité de lubrification des vis de fixation du système de fermeture et des capots amortisseurs. **Les éléments de justification de la tenue de ces organes en conditions de transport de routine et de tenue à la fatigue des organes d'arrimage n'appellent pas de remarque.** En revanche, l'IRSN relève que la précontrainte minimale des vis des capots, dont l'évaluation a été mise à jour pour prendre en compte la lubrification des vis, représente moins de 15 % de la limite d'élasticité du matériau dont elles sont constituées. Or, sur la base du retour d'expérience disponible, l'IRSN estime que ce niveau de précontrainte n'est pas suffisant pour exclure un desserrage des vis au cours du transport. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait étudier la possibilité d'augmenter la précharge des vis des capots. Ceci fait l'objet de l'observation 2.A.a présentée en annexe 2 au présent avis.

### 2.2 Conditions normales de transport

Le requérant indique dans le dossier de sûreté qu'il n'a pas étudié le comportement mécanique de l'emballage à l'issue des épreuves réglementaires simulant les conditions normales de transport, dans la mesure où il considère que l'étude réalisée relative aux épreuves simulant les conditions accidentelles de transport est enveloppe. À cet égard, l'IRSN

estime que le dossier de sûreté devrait justifier que le cumul des épreuves simulant les conditions normales et accidentelles de transport n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude du comportement du modèle de colis TN 24 SH pour les seules conditions accidentelles. **Ceci fait l'objet de l'observation 2.B.a présentée en annexe 2 au présent avis.**

### **2.3 Conditions accidentelles de transport**

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis TN 24 SH en conditions accidentelles de transport repose, d'une part sur des analogies avec des études menées pour d'autres modèles de colis qui s'appuient sur des campagnes d'essais de chute réalisées sur des maquettes de ces modèles de colis, d'autre part sur des calculs numériques de chutes complémentaires. L'étude du comportement du modèle de colis TN 24 SH lors d'une chute d'une hauteur de 9 m n'a pas été révisée dans le cadre de la présente demande.

La configuration de chute la plus pénalisante en termes d'écrasement conduit au talonnement d'une partie des blocs de bois du capot. Néanmoins, la marge d'écrasement avant d'impacter une partie métallique massive du capot reste significative. Toutefois, le dossier de sûreté ne présente pas d'éléments de justification du comportement du bois retenu dans les calculs numériques. En particulier, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier le modèle retenu pour le comportement des blocs de bois des capots lorsque ceux-ci dépassent la limite de compaction.

En outre, l'IRSN note que les calculs numériques réalisés ne prennent pas en compte une chute sur poinçon au préalable à la chute de 9 mètres. L'IRSN estime qu'une telle configuration doit être étudiée dans la mesure où elle est susceptible de réduire la capacité d'amortissement du capot supérieur en raison d'un talonnement local des blocs de bois.

**Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter le dossier de sûreté en prenant en compte les observations 2.C.a et 2.C.b présentées en annexe 2 au présent avis.**

Lors de la précédente demande de prorogation, l'ASN a demandé au requérant d'étudier le phénomène d'impact différé du chargement de l'emballage sur le maintien de l'étanchéité du couvercle primaire. Il convient de rappeler qu'un tel phénomène peut avoir lieu lorsqu'il existe un jeu axial suffisant permettant le mouvement du chargement (panier, assemblages ou carquois) à l'intérieur de la cavité. Le dossier de sûreté transmis ne présente pas d'éléments de réponse à cette demande. Au cours de l'instruction, le requérant a transmis les évaluations des jeux axiaux pour les conditions normales et accidentelles de transport (jeux entre les éléments du chargement (panier, assemblages ou carquois) et la cavité. Au regard des valeurs des jeux maximaux (quelques dizaines de millimètres), l'IRSN estime que le requérant devra justifier, dans la prochaine mise à jour du dossier de sûreté, le maintien de l'étanchéité du modèle de colis résultant de l'impact décalé du chargement sur le couvercle primaire. **Ceci fait l'objet de la recommandation 1.A présentée en annexe 1 au présent avis.**

### **2.4 Risque de rupture fragile**

La démarche retenue par le requérant pour justifier l'absence de risque de rupture fragile dans le corps de l'emballage n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente demande. Pour mémoire, le requérant détermine le facteur d'intensité de contrainte maximal dans la virole interne de l'emballage en considérant un défaut d'une taille cohérente avec les contrôles réalisés en fabrication. Des calculs effectués, le requérant exclut le risque de rupture fragile du corps de l'emballage (virole et fond), avec une marge de sûreté significative. Cette conclusion n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

Concernant le risque de rupture brutale des liaisons soudées des pièces forgées, l'IRSN rappelle que le requérant mène une étude générique sur ce sujet. Dans le cadre de la présente demande, le requérant n'a pas transmis d'éléments sur la

qualification des liaisons soudées entre deux composants en acier constitutif de la virole de l'emballage. **Ceci fait l'objet de l'observation 2.C.c.ii présentée en annexe 2.**

De plus, dans le dossier de sûreté, le requérant mentionne la possibilité de fabriquer la virole de l'emballage en assemblant trois tronçons cylindriques en acier. Toutefois, le requérant n'a pas transmis d'éléments justifiant l'absence de risque de rupture brutale au niveau de ces soudures. Aussi, l'IRSN recommande, dans l'attente de ces justifications, de ne pas autoriser la possibilité de fabriquer la virole par soudage de tronçons. **Ce point a été spécifié dans le projet de certificat, avec l'accord du requérant.**

Par ailleurs, l'IRSN note que la démonstration de l'absence de risque de rupture brutale du couvercle primaire n'est pas présentée dans le dossier de sûreté. **Ceci fait l'objet de l'observation 2.C.c.ii présentée en annexe 2. au présent avis.**

### **3 COMPOTEMENT MECANIQUE DU CONTENU**

Le requérant considère dans les études relatives aux conditions normales et accidentelles de transport que tous les crayons de combustibles contenus dans l'emballage sont ruptés et que chaque crayon rupté disperse une quantité de matière limitée dans la cavité.

Lors d'une précédente demande de prorogation d'agrément, l'ASN avait demandé au requérant de transmettre une justification du comportement mécanique des assemblages chargés dans l'emballage TN 24 SH au cours de la période d'entreposage avant le transport. Dans le cadre de la présente demande, le requérant n'a pas apporté d'éléments de réponse à cette demande. En effet, il estime que les conditions d'entreposage ne sont pas de nature à modifier les caractéristiques des gaines des crayons de combustible chargés dans l'emballage. L'IRSN ne partage pas la position du requérant en raison des mécanismes de dégradation envisageables lors d'une longue période d'entreposage ; or, une telle dégradation pourrait conduire à remettre en cause l'hypothèse relative à la quantité de matières radioactives dispersée retenue dans les études. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait prendre en compte l'observation 2.C.d formulée en annexe 2 au présent avis.**

### **4 COMPOTEMENT THERMIQUE DE L'EMBALLAGE**

L'étude du comportement thermique du modèle de colis a été mise à jour par le requérant afin de prendre en compte le nouveau contenu (contenu n°6) et la nouvelle résine neutrophage. De plus, il apporte des compléments afin de répondre aux demandes formulées par l'ASN lors de la précédente demande de prorogation concernant l'évaluation de la température des joints du couvercle secondaire en conditions accidentelles de transport.

Dans l'étude thermique, le requérant considère une dispersion limitée de matières radioactives dans la cavité, aussi bien pour les conditions normales que pour les conditions accidentelles de transport. Comme indiqué ci-dessus, l'IRSN estime que l'hypothèse retenue concernant la quantité de matière dispersée n'est pas suffisamment justifiée par le requérant, en particulier en conditions accidentelles de transport. Or une dispersion plus importante de matières radioactives dans la cavité est susceptible de conduire au dépassement des critères de température retenus pour certains éléments de l'emballage, en particulier celui des joints en élastomère du couvercle secondaire qui participent à la seconde barrière de confinement à l'eau du colis. En effet, les températures calculées pour ces joints sont proches du critère retenu de tenue à la température. Rappelons que la justification de la quantité limitée d'eau retenue dans les études de criticité repose sur la présence de deux barrières de confinement à l'eau efficaces.

De plus, le requérant n'a pas apporté d'élément de réponse à la demande de l'ASN formulée lors de la précédente demande de prorogation d'agrément relative à l'étude de l'influence du phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots après l'épreuve de feu, sur les températures maximales atteintes par le colis (joints en élastomère notamment).

Eu égard à la faible marge estimée par rapport au critère de température pour les joints en élastomère, l'IRSN estime que le requérant devrait vérifier que la prise en compte des phénomènes précités (dispersion plus importante de matières radioactives dans la cavité et poursuite de la combustion du bois des capots) n'est pas de nature à remettre en cause l'étanchéité à l'eau de ces joints et donc la quantité d'eau maximale pouvant pénétrer dans la cavité retenue dans les études de criticité. Ceci fait l'objet de l'observation 3.A présentée en annexe 2 au présent avis.

## 5 CONFINEMENT

### 5.1 Nuance des joints métalliques

Le requérant a supprimé du projet de certificat la nuance des joints métalliques, qui était mentionnée dans les certificats actuels d'agrément. Or, l'IRSN estime que la précision de cette nuance est importante pour garantir que les joints qui équipent les emballages ont le comportement attendu dans toutes les conditions de transport. Aussi, l'IRSN a ajouté, dans le projet de certificat, la nuance des joints métalliques, avec l'accord du requérant.

### 5.2 Relâchement d'activité

L'étude de relâchement d'activité du modèle de colis TN 24 SH a été mise à jour, dans le cadre de la présente demande de prorogation d'agrément, afin de tenir compte :

- du contenu n°6 introduit dans le cadre de la présente demande ;
- des évolutions sur les températures de l'emballage liées à la mise à jour de l'étude thermique ;
- de l'augmentation du taux de combustion maximal des assemblages des combustibles irradiés ;
- d'un taux de fuite plus faible du colis mesuré avant le transport.

L'étude réalisée montre que les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés en conditions normales et accidentelles de transport. Toutefois, l'IRSN note que le requérant ne tient pas compte dans son étude de l'augmentation de pression dans la cavité liée à la présence éventuelle d'eau (eau résiduelle après séchage, eau résiduelle dans les capsules après séchage, eau pénétrant dans le colis lors de l'épreuve d'immersion). Toutefois, eu égard aux hypothèses pénalisantes retenues par ailleurs dans l'étude réalisée par le requérant (une seule barrière de confinement prise en compte, totalité des crayons ruptés), l'IRSN estime que la prise en compte d'eau dans la cavité n'est pas de nature à en remettre en cause les conclusions.

Cependant, afin d'améliorer les démonstrations de sûreté du modèle colis, le requérant devrait prendre en compte dans son étude l'augmentation de pression interne associée à la présence éventuelle d'eau dans la cavité. Ceci fait l'objet de l'observation 4.A formulée en annexe 2 au présent avis.

### 5.3 Comportement des joints en élastomère

Le requérant a mis à jour l'étude du taux de remplissage maximal des gorges des joints en élastomère dans le cadre de la présente demande afin de prendre en compte les températures des joints plus élevées calculées dans l'étude thermique mise à jour et un coefficient de dilatation volumique des joints en élastomère plus faible que celui retenu dans le dossier de sûreté joint à la précédente demande de prorogation d'agrément. Des calculs effectués, le requérant conclut que le risque d'extrusion des joints en élastomère est exclu pour les plages de températures correspondants aux conditions normales ou accidentelles de transport.

Le requérant n'a pas justifié la nouvelle valeur du coefficient de dilatation retenue dans son étude. Or, l'IRSN estime que cette valeur n'est pas pénalisante pour les joints en élastomère utilisés pour ce modèle de colis. Aussi, l'IRSN a évalué, en tenant compte du coefficient de dilatation précédemment retenu par le requérant (qui est une valeur

raisonnablement pénalisante) et des dimensions et tolérances spécifiées dans le plan de concept du modèle de colis, le taux de remplissage maximal des gorges internes et externes du système de fermeture. Des calculs effectués, l'IRSN retient que le risque d'extrusion des joints en élastomère de la tôle d'orifice du couvercle secondaire ne peut pas être exclu pour les températures maximales calculées. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra modifier les dimensions des joints ou des gorges de la tôle d'orifice du couvercle secondaire afin d'exclure ce risque. **Ceci fait l'objet de la recommandation 2.A formulée en annexe 1 au présent avis.**

En outre, le requérant devrait réviser son étude pour prendre en compte une valeur raisonnablement pénalisante du coefficient de dilatation thermique. **Ceci fait l'objet de l'observation 5.A formulée en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, le dossier de sûreté ne présente pas d'évaluation du taux de compression des joints en élastomère du couvercle secondaire et de sa tôle d'orifice. À cet égard, sur la base des calculs réalisés, l'IRSN estime que le risque de perte d'étanchéité du couvercle secondaire dû à une compression insuffisante des joints peut être écarté pour toutes les conditions de transport. Toutefois, le requérant devrait présenter cette justification dans le dossier de sûreté du modèle de colis TN 24 SH. **Ceci fait l'objet de l'observation 5.B formulée en annexe 2 au présent avis.**

#### **5.4 Quantité maximale d'eau pénétrant dans le colis lors de l'épreuve d'immersion**

L'étude du comportement du colis lors des épreuves réglementaires d'immersion du dossier de sûreté a été mise à jour pour prendre en compte la viscosité de l'eau aux températures atteintes par les joints en conditions normales de transport pour une immersion sous 15 m d'eau et en conditions accidentelles de transport pour une immersion sous 0,9 m d'eau. Dans le cadre de cette étude, le requérant retient le taux de fuite à l'eau du couvercle primaire alors que dans l'étude précédente il retenait celui du couvercle secondaire qui est plus élevé d'un ordre de grandeur. Cette modification n'a pas été justifiée. L'IRSN estime que le requérant devrait retenir, de façon pénalisante, le taux de fuite le plus élevé afin de tenir compte d'une éventuelle défaillance de la première barrière de confinement liée, par exemple, à un défaut de serrage ou aux conséquences de l'impact différé du contenu sur le couvercle primaire. **Ceci fait l'objet de l'observation 6.A formulée en annexe 2 au présent avis.** Néanmoins, l'IRSN estime que la prise en compte de cette hypothèse n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude de sûreté-criticité.

## **6 RADIOPROTECTION**

L'étude de radioprotection visant à justifier le respect des critères réglementaires en matière de débits d'équivalent de dose pour les conditions de transport de routine et les conditions accidentelles de transport n'a pas été modifiée par le requérant par rapport à la précédente demande de prorogation d'agrément. Il n'a également transmis aucun élément nouveau concernant l'influence du vieillissement de la résine neutrophage sur les performances radiologiques du colis.

Il convient de rappeler que, dans le cadre de l'expertise relative à la précédente demande de prorogation, l'IRSN avait indiqué que l'étude de radioprotection ne permettait pas de garantir que le modèle de colis respecte, en conditions de transport de routine, les exigences réglementaires relatives aux débits d'équivalent de dose au voisinage du colis pour tous les contenus définis dans le dossier de sûreté, en particulier le contenu maximal. Dans le cadre de la demande de prorogation précédente, l'ASN a demandé au requérant de proposer une démarche ou des dispositions permettant de garantir le respect des débits d'équivalent de dose autour du colis avant chargement des contenus en tenant compte des caractéristiques réelles du contenu et du vieillissement de la résine neutrophage. Sur ce point, le requérant a indiqué qu'une nouvelle méthode pour démontrer la conformité des colis aux exigences réglementaires sera transmise prochainement ; **celle-ci n'a donc pas pu être évaluée par l'IRSN.** Le requérant a indiqué que cette méthode vise à établir un système d'inéquations permettant à un expéditeur de justifier le respect des débits d'équivalent de doses réglementaires à partir des caractéristiques réelles des assemblages de combustible irradiés devant être transportés. Dans l'attente de la transmission de cette méthode, l'ASN a demandé que la notice d'utilisation de

l'emballage précise les dispositions que l'expéditeur doit prendre pour s'assurer du respect des exigences réglementaires avant le chargement dans le colis. Sur ce point, le dossier de sûreté (chapitre « utilisation » du colis) indique que l'expéditeur doit vérifier que les caractéristiques du contenu à charger sont dans les limites définies par le certificat d'agrément et que les débits d'équivalent de dose ne dépassent pas les critères d'admissibilité. **À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait préciser que les calculs de débits d'équivalent de dose autour du colis réalisés par l'expéditeur avant chargement doivent être effectués pour vérifier le respect de l'ensemble des limites réglementaires relatives aux conditions de transport de routine et accidentelles.** Ceci fait l'objet de l'observation 7.A présentée en annexe 2 au présent avis.

En outre, l'IRSN estime que l'étude de radioprotection devrait être mise à jour concernant les performances radiologiques des résines neutrophages pouvant être utilisées (vieillessement...), en tenant compte de l'observation 7.B présentée en annexe 2 au présent avis.

Enfin, l'étude de radioprotection relative aux conditions normales de transport n'a pas été modifiée par le requérant par rapport à la précédente demande de prorogation d'agrément, contrairement à la demande formulée par l'ASN. **À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait vérifier que les débits d'équivalent de dose maximaux à la surface du colis en conditions normales de transport ne dépassent pas de plus de 20 % ceux calculés pour les conditions de transport de routine, en prenant en compte l'observation 7.C présentée en annexe 2 au présent avis.**

## **7 SURETE-CRITICITE**

L'étude de sûreté-criticité de l'emballage TN 24 SH a été mise à jour dans le cadre de la présente demande afin de prendre en compte le nouveau contenu n°6 et les demandes formulées par l'ASN dans le cadre de l'expertise de la précédente demande de prorogation d'agrément (influence du glissement des crayons de combustibles vers le fond de l'emballage et influence d'une densité variable de l'eau dans les parties creuses du panier modélisé notamment). **Les compléments de justification du requérant n'appellent pas de remarques de la part de l'IRSN.**

## **8 RISQUE DE RADIOLYSE**

Le dossier de sûreté transmis par le requérant ne présente pas d'étude des risques de formation de dihydrogène par radiolyse des matières présentes dans la cavité et notamment de l'eau. Toutefois, dans le cadre de la demande d'extension d'agrément relative au contenu n°5, le requérant a présenté des éléments de justification relatifs à ces risques. Malgré les insuffisances des éléments présentés, l'IRSN estime que la concentration en dihydrogène dans la cavité de l'emballage qui pourrait se former par radiolyse n'est pas susceptible de dépasser la limite inférieure d'explosivité. **Toutefois, l'IRSN estime que le dossier devrait être complété en prenant en compte l'observation 8.A de l'annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, un risque de radiolyse de l'eau susceptible d'être présente dans les capsules (contenu n°5) après séchage est également à considérer. Il convient de rappeler qu'une évaluation de ce risque est présentée dans l'avis de l'IRSN d'avril 2016 relatif à la demande d'extension d'agrément concernant le contenu n°5. Par ailleurs, l'IRSN a vérifié que même en cas de perte d'étanchéité de toutes les capsules, la radiolyse de la quantité d'eau contenue dans celles-ci après séchage, qui serait dispersée dans la cavité de l'emballage, ne serait pas suffisante pour conduire au dépassement de la limite inférieure d'explosivité du dihydrogène.

## **9 UTILISATION ET MAINTENANCE**

Le requérant a mis à jour le dossier de sûreté afin d'inclure la possibilité de lubrifier les vis de fixation du système de fermeture et des capots amortisseurs sur les filets et sous les têtes de vis. Toutefois, le requérant n'impose pas cette

lubrification. Pour l'IRSN, cette disposition devrait être systématiquement retenue dans la mesure où elle contribue à maîtriser la précharge et donc à limiter le risque de desserrage de ces vis. **Ceci fait l'objet de l'observation 9.A présentée en annexe 2 au présent avis.**

Le procédé de séchage de la cavité de l'emballage n'appelle pas de remarque. Il convient de rappeler qu'une évaluation du procédé de séchage des capsules contenant les crayons inétanches est présentée dans l'avis de l'IRSN d'avril 2016 relatif à la demande d'extension d'agrément concernant le contenu n°5. À cet égard, il convient de souligner qu'un séchage imparfait des capsules ne remettrait pas en cause la sûreté du modèle de colis dans la mesure où le requérant a démontré la résistance des capsules à une explosion d'hydrogène.

Pour ce qui concerne les vis utilisées, l'IRSN note que le modèle de colis TN 24 SH comporte des vis de diamètre identique mais de longueurs potentiellement différentes (vis du couvercle primaire, du couvercle secondaire, du capot de tête et du capot de fond). Or, sur la base du retour d'expérience disponible, l'IRSN estime qu'une possible inversion de vis peut avoir lieu, ce qui conduirait au transport de colis dont le système de fermeture ou de maintien des capots est potentiellement défaillant. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait mettre en œuvre des dispositions de différenciation des vis du modèle de colis. **Ceci fait l'objet de l'observation 9.B présentée en annexe 2 au présent avis.**

Pour ce qui concerne le programme de contrôle de l'emballage, l'IRSN note que le requérant ne prévoit pas le contrôle de certains équipements qui participent à la sûreté du colis. Il s'agit notamment du dispositif de dissipation thermique de l'emballage et de la résine neutrophage. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra compléter son programme de contrôle en prenant en compte la recommandation 3.A formulée en annexe 1 au présent avis. En outre, l'exploitant devrait tenir compte de l'observation 9.C présentée en annexe 2 au présent avis, qui vise à apporter dans le dossier de sûreté la justification de la périodicité de remplacement de certains équipements de l'emballage (vis, organe d'arrimage et de manutention...). Enfin, le dossier de sûreté mériterait d'être complété par les critères retenus pour la déclaration des écarts. **Ce point fait l'objet de l'observation 10.A présentée en annexe 2 au présent avis.**

## 10 CONCLUSION

De l'évaluation du dossier de sûreté et des informations complémentaires transmises en cours d'instruction, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 24 SH tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type B(U) chargé de matière fissile, sous réserve de la prise en compte des recommandations mentionnées en annexe 1 au présent avis. Les modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat sont rappelées en annexe 3.

Par ailleurs, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis TN 24 SH, le requérant devrait tenir compte des observations mentionnées en annexe 2 au présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Annexe 1 à l'Avis IRSN n°2017-00164 du 16 mai 2017**

**Recommandations**

**1. Comportement mécanique du colis**

A. Justifier le maintien de l'étanchéité du modèle de colis résultant de l'impact décalé du chargement sur le couvercle primaire, en considérant les jeux maximaux entre les éléments du chargement et la cavité, dans les configurations de chutes libres du colis en positions oblique et axiale avec un impact sur tête. Vérifier en particulier le respect des critères liés aux contraintes maximales dans les vis et le couvercle primaire ainsi que le respect du niveau d'étanchéité lié au décollement du couvercle.

**2. Comportement des joints**

A. Modifier les dimensions des joints en élastomère ou des gorges qui équipent la tape du couvercle secondaire afin de garantir un taux maximal de remplissage des gorges inférieur ou égal à 100 % dans toutes les conditions de transport.

**3. Maintenance**

A. Introduire, dans le programme de maintenance, un contrôle du dispositif de dissipation thermique de l'emballage et du vieillissement de la résine neutrophage en cas de rechargement d'un emballage après entreposage.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00164 du 16 mai 2017

Observations à prendre en compte dans la prochaine mise à jour du dossier de sûreté

1. Définition du modèle de colis

- A. Spécifier les propriétés thermiques de l'isolant contenu dans le capot de tête et des résines (conductivité thermique, chaleur spécifique, coefficient de dilatation).
- B. Présenter le plan de concept du carquois et les propriétés mécaniques de l'acier qui le constitue qui sont utilisées dans les démonstrations de sûreté.
- C. Spécifier les propriétés mécaniques des matériaux qui constituent la capsule qui sont utilisées dans les démonstrations de sûreté.

2. Comportement mécanique de l'emballage

A. Conditions de transport de routine

- a. Présenter les résultats de l'étude de la faisabilité relative à l'augmentation de la précharge minimale des vis des capots, afin de réduire le risque de desserrage de ces vis lors du transport.

B. Conditions normales de transport

- a. Évaluer le comportement du modèle de colis TN 24 SH en tenant compte du cumul des épreuves simulant les conditions normales et accidentelles de transport. Justifier, en particulier, que les sollicitations du colis qui résultent des épreuves simulant les conditions normales de transport ne sont pas de nature à modifier les conclusions de l'étude du comportement du modèle de colis TN 24 SH pour les seules conditions accidentelles de transport.

C. Conditions accidentelles de transport

- a. Présenter les hypothèses de modélisation du modèle numérique relatives au comportement des blocs de bois des capots, utilisé lorsque ceux-ci dépassent la limite de compaction.
- b. Présenter, en complément du volume de bois totalement compacté, le volume de bois qui talonne à la suite d'une chute accidentelle, afin d'apprécier les marges d'absorption d'énergie disponible.
- c. Dans le cadre de l'évaluation du risque de rupture fragile du colis :
  - i. Présenter la qualification des liaisons soudées entre deux composants en acier constitutif de la virole de l'emballage.
  - ii. Démontrer l'absence de risque de rupture brutale du couvercle primaire.
- d. Justifier que les conditions d'entreposage ne sont pas de nature à modifier les caractéristiques des gaines des crayons de combustibles irradiés ou, à défaut, considérer les assemblages ruinés dans toutes les démonstrations de sûreté.

3. Comportement thermique de l'emballage

- A. Vérifier que le critère de tenue à la température des joints en élastomère du couvercle secondaire est respecté en considérant, d'une part l'augmentation de température associée à la poursuite de la combustion du bois des capots après l'arrêt du feu durant l'épreuve thermique simulant les conditions accidentelles de transport, d'autre part une quantité de matières radioactives dispersée dans la cavité justifiée ou pénalisante.

4. Relâchement d'activité

- A. Prendre en compte dans l'étude de relâchement d'activité, l'augmentation de pression interne associée à la présence éventuelle d'eau dans la cavité.

5. Comportement des joints

- A. Prendre en compte, dans l'étude de comportement en température des joints en élastomère, une valeur raisonnablement pénalisante du coefficient de dilatation thermique.
- B. Justifier l'absence de risque de perte d'étanchéité du couvercle secondaire et de sa tige d'orifice dû à un défaut de compression des joints, sur la base d'une vérification du respect du critère du taux de compression minimal de ces joints pour toutes les conditions de transport.

6. Épreuves réglementaires d'immersion

- A. Réévaluer la quantité maximale d'eau susceptible de pénétrer dans la cavité en considérant le taux de fuite le plus pénalisant des deux barrières de confinement de l'emballage.

7. Radioprotection

- A. Indiquer dans le chapitre utilisation du dossier de sûreté que les calculs de débits d'équivalent de dose autour du colis réalisés par l'expéditeur avant chargement doivent être effectués pour vérifier le respect des limites réglementaires relatives aux conditions de transport de routine et celles relatives aux conditions de transport accidentelles.
- B. Prendre en compte, dans l'étude de radioprotection, l'impact sur les performances radiologiques des résines, des effets de la température maximale d'utilisation du colis et du vieillissement (en cas de rechargement après entreposage).
- C. Justifier que les débits d'équivalent de dose maximaux à la surface du colis en conditions normales de transport ne dépassent pas de plus de 20 % ceux calculés pour les conditions de transport de routine, en prenant en compte les possibles déplacements des assemblages de combustibles irradiés dans la cavité, une épaisseur d'écrasement maximal du capot justifiée et une épaisseur de résine neutrophage justifiée.

8. Risque de radiolyse

- A. Présenter une étude des risques de radiolyse, tenant compte de l'ensemble des matières radiolysables (eau et hydrates de bore) susceptibles d'être présentes dans la cavité et la quantité d'air résiduelle présente dans la cavité du colis à l'issue des opérations d'inertage. Evaluer, au titre de la défense en profondeur, l'impact d'une perte d'étanchéité des capsules.

9. Utilisation et maintenance

- A. Spécifier, pour les futurs emballages à charger, la lubrification des vis de fixation du système de fermeture et des capots amortisseurs sur les filets et sous les têtes de vis.
- B. Présenter les dispositions retenues visant à assurer la différenciation des différentes vis du modèle de colis (vis du couvercle primaire, du couvercle secondaire, du capot de tête et du capot de fond).
- C. Justifier la périodicité de remplacement des vis de fixation de couvercle et de capot et des joints de confinement ainsi que la périodicité des contrôles des organes d'arrimage et de manutention, et d'étanchéité de l'enveloppe de confinement, en particulier de ses soudures au regard du retour d'expérience issu de la fabrication, de l'utilisation et de la maintenance des emballages.

10. Assurance de la qualité

- A. Définir les critères permettant de classer les écarts affectant la sûreté et devant être déclarés aux autorités compétentes.

**Annexe 3 à l'Avis IRSN n°2017-00164 du 16 mai 2017**  
**Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat**

1. Annexe 0 paragraphe 1.1
  - A. Spécifier que « la fabrication de la virole du corps de l'emballage par soudage de tronçons n'est pas autorisée ».
2. Annexe 0 paragraphe 1.5
  - A. Spécifier la nuance des joints métalliques.