

Fontenay-aux-Roses, le 20 septembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00293

Objet : Transport - Prorogation - Emballage TN 106 chargé des contenus n° 1 à 8

Réf.

1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2016-039118 du 5 octobre 2016**
2. Lettre ASN CODEP-DTS-2016-036871 du 24 octobre 2016
3. 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, en septembre 2016, par la société AREVA TN (dénommée requérant par la suite) pour le modèle de colis TN 106.

Cette demande concerne le transport par voies terrestre et maritime du modèle de colis TN 106 chargé d'éléments combustibles et matières radioactives, irradiés ou non, à base d'uranium, de plutonium, d'américium, sous formes d'oxydes, de nitrures et de carbures. Les certificats d'agrément demandés sont, selon les contenus, de types B(U) ou B(M), pour matières fissiles ou non. Ce modèle de colis est destiné à desservir des laboratoires, des réacteurs de recherche et des installations du cycle du combustible en France et à l'étranger.

Le caractère multilatéral des demandes d'agrément précitées résulte de limitations de durée de transports du colis chargé de certains contenus, visant à exclure le risque de formation d'une atmosphère inflammable dans la cavité du colis.

De l'expertise des justifications de sûreté présentées par le requérant, par rapport au règlement cité en troisième référence, l'IRSN retient les points importants ci-après.

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

Le modèle de colis est constitué de l'emballage TN 106, de ses aménagements internes et des contenus à transporter. La définition du modèle de colis présentée dans le dossier de sûreté en appui de la demande objet du présent avis diffère des précédentes sur les points suivants :

- le requérant sollicite des agréments pour le transport de 8 contenus au lieu de 27 ;
- les puissances thermiques maximales des contenus ont été simplifiées ;
- la possibilité de chargement et de déchargement du colis sous eau a été supprimée.

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

Sur le principe, l'IRSN estime ces évolutions satisfaisantes, dans le sens où elles conduisent à simplifier les agréments de transport et à augmenter les marges de sûreté.

1.1 Emballage

L'emballage TN 106 est constitué d'un corps cylindrique composé d'enveloppes métalliques délimitant une cavité interne et un espace rempli d'une protection neutronique. Une variante longue et une courte de l'emballage sont disponibles. La cavité de l'emballage est destinée à accueillir des aménagements internes dans lesquels sont chargés les contenus. Les composants de fermeture de la cavité sont équipés de joints d'étanchéité en élastomère. Des capots amortisseurs de chocs, remplis de blocs de bois, sont vissés à chaque extrémité du corps de l'emballage.

La description de l'emballage dans le dossier de sûreté est satisfaisante. Toutefois, certaines hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté devraient être ajoutées à cette description. **Ces points font l'objet des recommandations n° 1.1 et 1.2 de l'annexe 1 et de l'observation n° 1.1 de l'annexe 3 de l'avis.**

Le dossier de sûreté indique les classes minimales de qualité des vis utilisées pour les éléments de l'emballage (fixation du couvercle, des capots...). Ceci permet formellement l'utilisation de vis de classes de qualité élevées, pour lesquelles existe un risque de fragilisation lié à la présence d'hydrogène à l'issue des opérations de fabrication. **Aussi, l'IRSN estime que l'utilisation de vis de classe de qualité supérieure à 12.9 doit être limitée. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.3 de l'annexe 1 de l'avis. Dans l'attente de la révision du dossier de sûreté, l'IRSN a précisé cette restriction dans les projets de certificats d'agrément.**

En outre, la surface externe de l'emballage est équipée de dispositifs, de type pastille poral, limitant le risque de surpression dans la structure de l'emballage en cas d'augmentation importante de la température entraînant la décomposition thermique de la protection neutronique (agression thermique). Cependant, le requérant n'a pas démontré que ces dispositifs ne permettent pas des variations du taux d'humidité de l'atmosphère du corps de l'emballage et, dans le temps, des propriétés de la protection neutronique. Par ailleurs, il n'a pas justifié leur suffisance. De même, il ne démontre pas la maîtrise dans le temps de l'étanchéité des capots amortisseurs. **Ces points font l'objet des observations n° 1.2 et 7.1 de l'annexe 3 de l'avis.**

1.2 Contenus

Les éléments transportés peuvent être :

- Intègres ou sains, sous forme d'aiguilles, de crayons ou de sur-conteneurs étanches (soudés ou équipés de joints), pressurisées ou non ;
- ruptés, c'est-à-dire des éléments devenus inétanches lors de l'irradiation et pouvant contenir de l'eau ;
- non-intègres, sous forme de pastilles, de tronçons de crayon ou d'aiguille, de poudres ou de fragments de combustible.

Pour un même contenu, le mélange d'éléments sains, ruptés ou non-intègres est autorisé sous réserve de respecter les exigences spécifiées pour chaque type d'éléments. Le mélange de contenus n'est pas permis. L'IRSN estime que cette restriction devrait être explicitement indiquée dans le dossier de sûreté. **Dans l'attente de la mise à jour du dossier de sûreté, ce point a été introduit dans les projets de certificat par l'IRSN.**

Par ailleurs, des contenus peuvent renfermer du sodium en quantité limitée. Pour le transport de ces contenus, l'inertage de la cavité du colis avant expédition est requis. Au cours de l'instruction, le requérant a ajouté dans les

projets de certificats que cet inertage doit également être réalisé dans la cavité de l'aménagement interne utilisé, ce qui est satisfaisant.

Les types de réacteurs expérimentaux dans lesquels ont pu être irradiés certains contenus ne sont pas spécifiés dans le dossier de sûreté. Toutefois, cette donnée intervient dans la définition des termes sources utilisés pour les analyses de sûreté. Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra préciser, dans le chapitre du dossier de sûreté dédié et les projets de certificat d'agrément du colis, le type de réacteur dans lequel ces contenus ont été irradiés (REP, REB, réacteur à eau lourde...). Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.4 de l'annexe 1 de l'avis.

1.3 Aménagements internes

Les contenus sont chargés dans différents types d'aménagements internes introduits dans la cavité de l'emballage. L'utilisation simultanée de plusieurs types d'aménagement interne est autorisée. Les aménagements internes participant à la prévention du risque de criticité sont dénommés « étuis aux fins de criticité ».

Certains contenus ne doivent pas être conditionnés dans des aménagements internes étanches, de manière à assurer leur inertage ou la dilution de l'hydrogène produit par radiolyse dans l'ensemble de la cavité de l'emballage. À cet égard, l'IRSN estime que les exigences associées aux aménagements internes non étanches devraient être précisées. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1.5 de l'annexe 1 de l'avis.

2 COMPORTEMENT MECANIQUE DU COLIS

2.1 Conditions de transport de routine

Le requérant démontre, en conditions de transport dites de routine, la tenue mécanique des assemblages vissés du modèle de colis TN 106. En outre, il vérifie l'absence de décollement des composants du système de fermeture de l'enveloppe de confinement et l'absence de desserrage des vis de l'emballage.

Ces analyses sont globalement satisfaisantes. Toutefois, elles devraient être complétées par la démonstration de la tenue mécanique des rondelles des vis de fixation des capots. De plus, le requérant devrait démontrer que les phénomènes de rétractation thermique, à - 40°C, ne mettent pas en cause le dimensionnement des assemblages vissés. Ces points font l'objet des observations n° 2.1 et 2.2 de l'annexe 3 de l'avis.

Les études du requérant relatives à la tenue mécanique des organes de manutention et à l'arrimage du modèle de colis sont globalement satisfaisantes. À cet égard, l'étude de la tenue des oreilles de manutention du colis conclut à une contrainte dans la soudure de ces dernières (149 MPa) équivalente à la limite d'élasticité du matériau (150 MPa). Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait prévoir un contrôle visuel de ces soudures avant chaque expédition du colis. Par ailleurs, le dossier de sûreté et le plan de concept de l'emballage devraient intégrer les caractéristiques des organes de manutention du colis (longueur de la soudure, angle maximal au sommet des élingues lors des manutentions...) ainsi que les caractéristiques (type, longueur, contrôles réalisés...) de la soudure entre la semelle de dépose et la virole externe du corps de l'emballage.

Ces points font l'objet de la recommandation n° 7.4 de l'annexe 1 et de l'observation n° 1.1 de l'annexe 3 de l'avis.

2.2 Conditions normales et accidentelles de transport

2.2.1 Méthode et validation du modèle numérique

L'étude du comportement mécanique du modèle de colis à l'issue des épreuves réglementaires de chutes simulant les conditions normales et accidentelles de transport repose sur des essais de chute et des calculs visant à tenir compte, entre autre, de la plage de températures réglementaire.

Le programme des essais et la représentativité de la maquette utilisée ont été expertisés par l'IRSN dans le cadre des demandes d'agrément antérieures. Des écarts de représentativité de la maquette ont ainsi été identifiés (propriété des matériaux, jeux entre les éléments...), qui ont été pris en compte dans le développement de la démarche par calculs. Les taux de fuite mesurés à l'issue des chutes étaient inférieurs au taux de fuite global de l'enveloppe de confinement du colis contrôlés avant transport.

Pour ce qui concerne les justifications reposant sur des calculs, le requérant a développé un modèle numérique, qui est validé sur la base des chutes réalisées. Ce principe est satisfaisant.

Les accélérations maximales du colis, utilisées pour évaluer la tenue des assemblages vissés de l'emballage, sont déterminées par calcul en considérant une fréquence de filtrage de 500 Hz. Certains modes propres du colis ayant une fréquence supérieure à cette fréquence de filtrage, l'IRSN considère que le requérant devra formellement la justifier. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2.1 de l'annexe 1 à l'avis.

2.2.2 Comportement mécanique à la température maximale des conditions normales de transport

Dans le cadre de la demande objet du présent avis, le requérant évalue les conséquences d'une chute du colis d'une hauteur de 1 m sur poinçon en position inclinée, avec impact sur le capot de tête, suivie d'une chute libre d'une hauteur de 9,6 m en position inclinée. L'étude réalisée considère les propriétés mécaniques des composants du colis à leur température maximale atteinte en conditions normales de transport. Le requérant conclut que cette séquence de chutes, bien qu'entraînant des dommages plus importants du capot de tête, ne met pas en cause les conclusions relatives aux endommagements de l'enveloppe de confinement du colis considérés jusqu'à présent, déduits d'une séquence comprenant une unique chute libre d'une hauteur de 9,6 m en position inclinée.

Pour les conséquences de la chute sur poinçon, le requérant retient un endommagement du capot correspondant à la suppression d'un cylindre de bois de diamètre égal au celui du poinçon réglementaire. Toutefois, en l'absence d'essais permettant d'apprécier ces endommagements, le conservatisme de cette approche n'est pas acquis. Par exemple, une rotation du colis après l'impact peut conduire à l'arrachement d'un secteur de bois, de volume supérieur à celui considéré. Par ailleurs, le cumul de chutes étudié conduit à des déformées du capot impacté supérieures à celles précédemment évaluées. En particulier, le volume de bois dont le taux d'écrasement dépasse le seuil de consolidation est significativement augmenté. Pour rappel, la modélisation numérique du comportement du bois au-delà de son seuil de consolidation fait l'objet d'une étude générique en cours. Compte tenu de ces points, l'IRSN estime que le requérant devra définir le volume de bois endommagé à l'issue de la chute sur poinçon en tenant compte de phénomènes d'arrachement du bois. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2.2 de l'annexe 1 à l'avis.

Enfin, le requérant évalue l'influence des efforts de serrage des vis de fixation des composants de fermeture de la cavité sur leur comportement à l'issue des chutes. Il conclut que l'étanchéité du colis est conservée à l'issue des chutes. L'IRSN estime que le requérant devrait confirmer les conclusions de cette analyse en tenant compte des observations n°2.3 à 2.5 de l'annexe 3 de l'avis.

2.2.3 Comportement mécanique du colis à - 40 °C

La justification de la tenue mécanique du colis à l'issue des chutes simulant les conditions accidentelles de transport, en considérant les propriétés des composants à - 40 °C, a été complétée pour démontrer le caractère pénalisant de la configuration de chute du colis de longueur maximale en position quasi-horizontale étudiée.

Toutefois, les résultats présentés ne sont pas cohérents avec ceux obtenus pour les configurations précédemment étudiées. Aussi, l'IRSN considère que le requérant devra revoir cette étude. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.3 de l'annexe 1 de l'avis.

2.2.4 Impact différé du chargement sur les composants de fermeture de la cavité

La requérant évalue les conséquences d'un impact différé du contenu sur le système de fermeture du colis lors de chute libre d'une hauteur de 9,6 m. Il conclut qu'un éventuel impact différé du contenu ne met pas en cause la tenue mécanique des composants de fermeture de la cavité et ne conduit pas à un décollement résiduel de ces derniers modifiant l'étanchéité de l'emballage.

Bien que certains éléments retenus par le requérant ne soient pas conservatifs, l'IRSN estime que l'étude réalisée est globalement enveloppe du fait de certaines hypothèses (contenu infiniment rigide, absence de frottement sur les parois internes ...). L'étude présentée par le requérant pourrait toutefois être complétée en tenant compte de l'observation n° 2.6 de l'annexe 3 de l'avis.

2.2.5 Comportement mécanique des éléments vissés du colis

Le requérant a mis à jour les calculs analytiques démontrant l'absence de décollement des composants de fermeture de la cavité et la tenue mécanique des vis de fixation des capots, en considérant les accélérations déterminées pour la nouvelle séquence de chutes étudiée (cf. paragraphe 2.2.2 de l'avis).

Les résultats relatifs aux composants de fermeture de la cavité n'appellent pas de commentaire de l'IRSN.

Le requérant conclut que l'une des vis de fixation du capot amortisseur de tête est cisailée. Il estime toutefois que cet endommagement ne met pas en cause la fixation du capot à l'issue des épreuves de chute réglementaires. L'IRSN relève que la contrainte dans les deux vis de fixation du capot situées de part et d'autre de la vis cisailée est proche de la limite à la rupture du matériau. Cette marge est à mettre en regard notamment de la modélisation retenue pour l'endommagement du poinçon, dont le caractère enveloppe n'est pas acquis (cf. paragraphe 2.2.2 de l'avis). Par ailleurs, au regard des déformations importantes du capot dans cette zone, la vis située sur la génératrice d'impact pourrait également être endommagée. Aussi, l'IRSN considère que le requérant devra formellement démontrer le maintien du capot de tête sur le corps de l'emballage à l'issue des épreuves de chutes simulant les conditions accidentelles de transport, en considérant un endommagement enveloppe du bois du capot de tête à l'issue de la chute sur poinçon. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2.4 de l'annexe 1 de l'avis.

2.2.6 Comportement mécanique des aménagements internes

Le requérant a transmis une étude visant à démontrer la tenue mécanique des « étuis aux fins de criticité » et de leur système de fermeture. Si cette étude conclut à des marges significatives, elle ne cumule pas la pression interne maximale atteinte dans la cavité du colis en conditions normales et accidentelles de transport (respectivement 2,2 bar et 10,9 bar) et les sollicitations rencontrées lors des épreuves réglementaires de chute. Ce point fait l'objet de l'observation n° 2.7 de l'annexe 3 de l'avis.

3 COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS

L'étude du comportement thermique du modèle de colis TN 106 en conditions normales et accidentelles de transport repose sur des calculs numériques. Cette étude a été révisée afin de prendre en compte, d'une part les endommagements du colis à l'issue des épreuves de chutes qui ont été réévalués, d'autre part le nouveau critère de puissance thermique maximale admissible des contenus. Le requérant conclut que l'intégrité des composants importants pour la sûreté du colis est garantie dans toutes les conditions de transport.

Cependant, certaines hypothèses retenues pour cette étude ne sont pas conservatives (propriétés thermiques des blocs de bois endommagés, endommagement des capots amortisseurs à l'issue de la chute sur poinçon ...). En outre, le phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve d'incendie n'a pas été considéré. A cet égard, les marges mises en évidence dans les calculs concernant la température maximale des joints sont importantes par rapport à leur température maximale d'utilisation. La marge concernant le taux de remplissage des gorges de joint est cependant plus limitée. **Aussi, l'IRSN considère que le requérant devra confirmer les conclusions de son étude. Ce point fait l'objet de la recommandation n°3.1 de l'annexe 1 et des observations n°3.1 à 3.3 de l'annexe 3 de l'avis.**

En l'absence de justification concernant l'intégrité des contenus à l'issue des chutes, le requérant a pris en compte la dispersion des matières radioactives dans la cavité de l'emballage, en considérant dans son étude une répartition homogène de la puissance thermique sur toute la paroi axiale côté fond ou côté tête. Néanmoins, la dispersion de matière dans la cavité est susceptible d'induire une concentration de la puissance thermique au voisinage de la zone des joints d'étanchéité des composants de fermeture. Toutefois, compte tenu de la configuration géométrique de l'emballage (présence du barillet ...), une accumulation de matières à proximité des joints peut être écartée. Néanmoins, l'IRSN considère donc que le requérant devrait justifier le caractère pénalisant de la répartition de la puissance thermique retenue dans les calculs. **Ceci fait l'objet de l'observation n°3.4 de l'annexe 3 de l'avis.**

4 CONFINEMENT

L'évaluation du relâchement potentiel d'activité du colis a été mise à jour afin de prendre en compte la nouvelle définition des contenus et les résultats de l'étude thermique révisée. Le requérant conclut que les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés dans toutes les conditions de transport.

Le requérant a retenu dans ses calculs un taux de rupture des enveloppes de certains éléments combustibles sains de quelques pourcents en conditions normales de transport. Il considère cette valeur enveloppe de la valeur préconisée dans la littérature et souligne qu'aucune rupture des gaines de crayons ou d'aiguilles combustibles n'a été constatée au cours des transports du modèle de colis TN 106. L'IRSN estime toutefois que le requérant devrait mieux justifier le conservatisme de cette hypothèse, notamment pour les éléments irradiés présentant des taux de combustion élevés susceptibles de fragiliser les gaines. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4.1 de l'annexe 1 de l'avis.**

L'inventaire isotopique et les activités des radionucléides gazeux ou sous forme d'aérosols retenus dans les études ont été déterminés par calculs. Le requérant n'a pas transmis d'élément relatif à la validation du code utilisé dans ce cadre. Il a cependant majoré les activités ainsi déterminés et les critères réglementaires de relâchement d'activité sont respectés avec une marge d'au moins 10 %. **Toutefois, l'IRSN estime que le caractère suffisant de ces marges doit être justifié.** Par ailleurs, le requérant devrait présenter les hypothèses de calcul qui ont été retenues dans le cas du contenu n°7. **Ceci fait l'objet des observations n°4.1 et 4.2 de l'annexe 1 de l'avis.**

Par ailleurs, le requérant devrait revoir son évaluation du taux de compression minimal des joints d'étanchéité du colis en tenant compte, d'une part d'une valeur justifiée de déformation rémanente à la compression des joints, d'autre part d'un décollement maximal des composants de fermeture de la cavité, au droit de leur plan de joint, en tenant compte des remarques formulées ci-avant (cf. paragraphe 2.2.2 de l'avis). **L'IRSN estime cependant que le taux de compression minimal de ces joints devrait rester supérieur à 15 %, valeur usuellement retenue pour garantir leur étanchéité. Ce point fait l'objet de l'observation n° 4.3 de l'annexe 3 de l'avis.**

Enfin, l'activité maximale admissible du contenu n°4, qui peut contenir des sources, est définie par un système d'inéquations que l'expéditeur doit vérifier avant l'expédition du colis. L'IRSN estime que si les sources ne disposent pas d'un certificat d'agrément de matière radioactive sous forme spéciale valide au moment du transport, le confinement assuré par leur enveloppe ne devra pas être pris en compte dans l'application des inéquations. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4.4 de l'annexe 3 de l'avis. Dans l'attente de la mise à jour du dossier de sûreté sur ce point, l'IRSN a ajouté cette mention dans le projet de certificat d'agrément.**

5 RADIOPROTECTION

Le requérant démontre l'efficacité de la protection radiologique du colis et le respect des critères réglementaires de débit de doses au contact et au voisinage du colis dans toutes les conditions de transport. Il n'a pas évalué le débit de dose maximal à une distance de 2 m du moyen de transport en conditions de transport de routine. Conformément à la lettre de l'ASN citée en deuxième référence, le requérant devra évaluer ce débit de dose en considérant le chargement maximal envisagé pour le colis.

Les hypothèses retenues par le requérant pour les différentes conditions de transport n'appellent pas de remarque de l'IRSN. A cet égard, la teneur massique maximale de l'uranium en isotope 235 des contenus avant irradiation ne conduit pas à l'intensité de rayonnements maximale. Aussi, une valeur inférieure à celle spécifiée dans le dossier de sûreté a été prise en compte par le requérant, ce qui est satisfaisant. Néanmoins, le dossier de sûreté ne spécifie pas de teneur massique minimale de l'uranium en isotope 235 avant irradiation. **L'IRSN a donc modifié les projets de certificats d'agrément pour spécifier les teneurs massiques minimales de l'uranium en isotope 235 avant irradiation.**

Par ailleurs, l'IRSN estime que la justification du conservatisme de certaines hypothèses pourrait être complétée. **Ceci fait l'objet des observations n° 5.1 à 5.5 de l'annexe 3 de l'avis.**

Dans le cas du contenu n°4, le requérant évalue l'intensité par type de particule conduisant à l'atteinte des critères réglementaires. Il en déduit une inéquation assurant le respect de ces critères. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

S'agissant d'une méthodologie nouvelle, l'IRSN estime que le requérant devra établir un retour d'expérience de cette méthode, en comparant les résultats obtenus à partir de l'inéquation aux valeurs mesurées lors des transports. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 5.1 de l'annexe 1 de l'avis.**

6 SURETE-CRITICITE

En liminaire, en cohérence avec les hypothèses considérées dans les études, le requérant ne précise pas que la présence dans la cavité de l'emballage de matériaux plus hydrogénés que l'eau est interdite. **L'IRSN a ajouté cette mention dans les projets de certificats.**

Les compléments apportés dans la révision du dossier de sûreté concernant la qualification du schéma de calcul et la répartition hétérogène de la matière fissile n'appellent pas de remarque de l'IRSN. De même, l'IRSN estime satisfaisantes les études justifiant la sous-criticité du modèle de colis pour les différents contenus fissiles. Toutefois, les compléments transmis par le requérant pour prendre en compte une modélisation hétérogène du contenu n°5 devraient être intégrés au dossier de sûreté. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 6.1 de l'annexe 3 de l'avis.**

Par ailleurs, compte tenu des études réalisées pour certains sous-contenus du contenu n°6, l'IRSN considère que les certificats d'agrément doivent indiquer que ce contenu ne contient pas de matières plutonifères non intimement mélangées à l'uranium. **L'IRSN a modifié les projets de certificats en ce sens.**

Enfin, l'IRSN estime que pour les contenus de type « fissiles exceptés », les valeurs des seuils d'exception que les quantités de matières fissiles par colis et par envoi ne doivent pas dépasser devraient être indiquées dans les certificats en cohérence avec ceux de la réglementation applicable. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 6.2 de l'annexe 3 de l'avis.**

7 FABRICATION, UTILISATION ET MAINTENANCE DU COLIS

7.1 Fabrication

Le requérant a indiqué au cours de l'instruction que les spécifications d'approvisionnement des vis de hautes classes de qualité prévoient des dispositions pour leur fabrication visant à écarter le risque de fragilisation résultant de la présence d'hydrogène. **A cet égard, en complément des dispositions retenues, l'IRSN recommande que la préparation par attaque acide de la surface de la vis avant traitement soit interdite. L'IRSN a précisé les dispositions à retenir lors des fabrications dans les projets de certificat d'agrément. De plus, ceci fait l'objet de l'observation 7.1 de l'annexe 3 de l'avis.**

7.2 Utilisation du modèle de colis

7.2.1 Conformité des aménagements internes et des contenus

Le contenu n°4 est constitué de matières radioactives solides dont les caractéristiques géométriques sont quelconques (pièces contaminées et/ou activés, sources, etc.). Le requérant définit pour ce contenu des systèmes d'inéquations à vérifier par l'expéditeur avant chargement du colis, sur la base des caractéristiques réelles des matières. Ces systèmes d'inéquations assurent notamment le respect des critères de la réglementation relatifs à la radioprotection et au relâchement d'activité. Ce travail de vérification requière des compétences particulières des expéditeurs (connaissance de la méthode et des outils associés notamment), voir la maîtrise de calculs de calculs (codes d'évolution ...). **À cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait spécifier des exigences en terme de compétences des personnes en charge de ces opérations et de la validation des calculs éventuellement réalisés. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 6.1 de l'annexe 1 de l'avis.**

7.2.2 Inertage de la cavité du colis

Le requérant ne spécifie pas de taux de remplissage minimal des volumes libres dans la cavité lorsque le colis doit être inerté. L'IRSN estime que le requérant devra s'assurer que le volume de gaz inerte injecté est suffisant pour garantir une teneur en oxygène excluant la formation d'une atmosphère inflammable en tenant compte des durées de transport. En outre, il devra compléter le dossier de sûreté en spécifiant la proportion minimale d'hélium ou d'azote introduite dans la cavité du colis et le critère de stabilisation de la pression après mise en dépression de la cavité et injection du gaz inerte. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 6.2 de l'annexe 1 de l'avis.**

7.2.3 Opérations de serrage des vis

L'IRSN estime que le requérant devrait compléter les dispositions mises en œuvre lors des opérations de serrage des vis de fixation des capots amortisseurs et des composants de fermeture de la cavité en spécifiant la réalisation d'un contrôle indépendant des couples de serrage appliqués. En outre, un marquage des composants pourrait être réalisé afin d'introduire des repères visuels facilitant l'ordonnement des opérations de serrage. **Ces points font l'objet de la recommandation n° 6.3 de l'annexe 1 et de l'observation n° 7.3 de l'annexe 3 de l'avis.**

7.3 Retour d'expérience

Le requérant a transmis au cours de l'instruction un retour d'expérience acquis entre 2011 et 2015 lors des opérations d'utilisation et de maintenance du parc d'emballages TN 106. Il présente le nombre de pièces non conformes remplacées lors des contrôles systématiques, des réparations ou des changements de configurations. Toutefois, les causes de ces remplacements ne sont pas précisées. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant devrait compléter son analyse en tenant compte de l'observation n° 8.1 de l'annexe 3 de l'avis.**

Enfin, le requérant devrait transmettre le retour d'expérience acquis par l'ensemble des utilisateurs du colis lors des opérations d'utilisation du colis. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 9.1 de l'annexe 1 de l'avis.**

8 CONCLUSION

Compte tenu des justifications présentées par la société AREVA TN, l'IRSN estime que le modèle de colis TN 106 chargé des contenus n° 1 à 8, est conforme aux prescriptions applicables aux modèles de colis de type B(U) ou B(M), sous réserve de l'intégration des modifications apportées par l'IRSN aux projets de certificat d'agrément listées en annexe 2 de l'avis.

De plus le requérant devra, pour la prochaine demande de prorogation, compléter les démonstrations de sûreté en tenant compte des recommandations présentées en annexe 1 de l'avis. Par ailleurs, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations présentées en annexe 3 de l'avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00293 du 20 septembre 2017
Recommandations pour la prochaine demande de prorogation.

1 Définition du modèle de colis

- 1.1 Spécifier les propriétés mécaniques du plomb et du coussinet, ainsi que l'allongement et la résistance à la rupture des composants en acier de type B, en cohérence avec l'étude du comportement mécanique du colis.
- 1.2 Préciser le diamètre des gorges externes et l'effort linéique maximal d'écrasement des joints EPDM ainsi que la nature des soudures des enveloppes métalliques des capots amortisseurs.
- 1.3 Exclure la possibilité d'utiliser des vis de classe de qualité supérieure à 12.9, notamment pour la fixation de composants assurant une fonction de sûreté.
- 1.4 Présenter dans le dossier de sûreté, les types de réacteurs expérimentaux ou MTR dans lesquels les contenus ont pu être irradiés (REP, REB, réacteur à eau lourde...), en cohérence avec les bibliothèques utilisés pour les calculs d'évolution.
- 1.5 Définir les exigences associées aux aménagements internes non étanches, en précisant notamment les éléments garantissant :
 - l'efficacité des opérations d'inertage dans tous les volumes libres de la cavité du colis lorsque cette disposition est requise ;
 - l'absence de rétention des gaz susceptibles de créer une atmosphère inflammable dans un volume interne.

2 Comportement mécanique du colis

- 2.1 Justifier la fréquence de filtrage utilisée dans les calculs, de 500 hz, au regard des modes propres du colis.
- 2.2 Évaluer le volume de bois endommagé à l'issue de la chute sur poinçon en tenant compte de phénomènes d'arrachement du bois.
- 2.3 Déterminer l'accélération maximale du colis pour une chute libre, d'une hauteur de 9,6 m, de ce dernier en position quasi-horizontale, en prenant en compte les propriétés des composants de l'emballage à -40°C ainsi que la plus faible longueur hors tout de l'emballage.
- 2.4 Démontrer le maintien du capot de tête sur le corps de l'emballage à l'issue des épreuves de chutes simulant les conditions normales et accidentelles de transport, en considérant un endommagement enveloppe du bois du capots de tête à l'issue de la chute sur poinçon.

3 Comportement thermique du colis

- 3.1 Réviser l'étude du comportement thermique du colis à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie simulant les conditions accidentelles de transport en considérant les points suivants :
 - a. évaluer la conductivité thermique des blocs de bois en considérant la masse volumique maximale du bois, tenant compte des tolérances d'approvisionnement, et l'orientation des fibres dans la structure des capots ainsi que son évolution en fonction des températures ;
 - b. justifier le caractère pénalisant de la modélisation retenue pour simuler le comportement thermique des blocs de bois endommagés à l'issue des chutes ;

- c. prendre en compte un volume de bois perforé de diamètre supérieur à celui du poinçon réglementaire afin de tenir compte des phénomènes d'arrachement du bois.
- d. évaluer les conséquences du phénomène de poursuite de la combustion du bois des capots lors de la phase de refroidissement du colis.

4 Confinement

- 4.1 Justifier le conservatisme du taux de rupture retenus pour certains éléments combustibles sains en conditions normales de transport, notamment pour des taux de combustion élevés.
- 4.2 Indiquer, pour les sources, qu'en l'absence de démonstration (certificat d'agrément de matière radioactive sous forme spéciale) justifiant le caractère non dispersable de la matière, leur enveloppe ne doit pas être prise en compte dans le calcul de l'activité des aérosols relâchés dans la cavité de l'emballage.

5 Radioprotection

- 5.1 Dans le cas du contenu n°4, présenter un retour d'expérience de l'utilisation de l'inéquation établie pour respecter les critères réglementaires, basé sur une comparaison des valeurs obtenues en utilisant cette inéquation et celles mesurées lors des transports.

6 Utilisation

- 6.1 Préciser les exigences relatives aux compétences des expéditeurs en charge des analyses visant à assurer la conformité de l'activité des contenus et celles associées aux outils de calculs utilisés dans ce cadre (domaine de validité notamment).
- 6.2 Compléter le dossier de sûreté en spécifiant la proportion minimale d'hélium ou d'azote introduit dans la cavité du colis ainsi que le critère de stabilisation de la pression après mise en dépression de la cavité et injection du gaz inerte. Justifier que le volume de gaz inerte injecté dans la cavité du colis garantit une teneur en oxygène permettant d'exclure la formation d'une atmosphère inflammable en tenant compte des durées de transport.
- 6.3 Compléter les dispositions mises en œuvre lors des opérations de serrage des vis de fixation des capots amortisseurs et du couvercle de fermeture de la cavité en spécifiant la réalisation d'un double contrôle des couples de serrage appliqués, qui devront être réalisés par deux opérateurs à l'aide d'outils distincts.
- 6.4 Compléter le contrôle du bon état général de l'emballage réalisé à chaque cycle par un contrôle visuel des soudures des oreilles de manutention, afin d'identifier une éventuelle déformation plastique.

7 Retour d'expérience

- 7.1 Formaliser le retour d'expérience acquis par l'ensemble des utilisateurs du colis lors des opérations d'utilisation du colis.

**Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00293 du 20 septembre 2017
Modifications apportées par l'IRSN aux projets de certificat transmis par le requérant**

Les modifications indiquées ci-après en caractère gras n'ont pas été acceptées par le requérant.

1 Annexe 0, paragraphe 2 :

Ajout de la mention : « L'utilisation de vis de classe de qualité supérieure à 12.9 pour la fixation de composants assurant une fonction de sûreté n'est pas autorisée. »

Ajout de la mention : « La préparation par attaque acide avant traitement de la surface des vis de classe de qualité supérieure ou égale à 10.9 est interdite. »

Ajout de la mention : « Le mélange des différents contenus dans la cavité de l'emballage est interdit. »

2 Projet de certificat F-379-B(U)-96 (Dac), Annexe 4, tableau 4.1 :

Ajout de la mention : « L'activité totale réelle des aérosols doit inclure l'activité en aérosols des sources présentes si ces dernières ne disposent pas d'un certificat d'agrément de matière radioactive sous forme spéciale valide au moment du transport. »

3 Annexe 1 tableaux 1.1, annexe 2 tableau 2.1, annexe 6 tableau 6.1

Ajout d'un enrichissement massique minimal en ²³⁵U avant irradiation supérieur ou égal à 3 % pour le combustible UO₂ et supérieur ou égal à 0,2 % pour le combustible MOX.

4 Projet de certificat F/379/B(U)F-96 (Dab), Annexe 3, tableaux 3.1, 3.2 et 3.3 et projet de certificat F/379/B(U)-96 (Dac), Annexe 3, tableau 3.1

Ajout d'un enrichissement massique minimal en ²³⁵U avant irradiation supérieur ou égal à 0,2 % pour les combustibles UO₂ et (U,Pu)O₂.

5 Annexe 5, tableau 5.1

Ajout d'un enrichissement massique minimal en ²³⁵U avant irradiation supérieur ou égal à 18 %.

6 Annexe 6 tableau 6.1

Ajout d'un enrichissement massique minimal en ²³⁵U avant irradiation supérieur ou égal à 2 % pour le combustible UO₂ et supérieur ou égal à 0,2 % pour le combustible MOX.

7 Annexes 1 à 8, paragraphe « conditions de chargement »

Ajout de la mention : « La présence de matériaux plus hydrogénés que l'eau n'est pas autorisée. »

8 Annexe 6, paragraphe « description générale »

Ajout de la mention : « Les matières plutonifères doivent être intimement mélangées à l'uranium. »

Annexe 3 à l'Avis IRSN n° 2017-00293 du 20 septembre 2017

Observations

1 Définition du modèle de colis

1.1 intégrer, dans le dossier de sûreté ou le plan de concept de l'emballage :

- a. la description (type, longueur, contrôles...) de la soudure entre la semelle et la virole externe de l'emballage,
- b. la longueur de la soudure entre les oreilles de manutention et la virole externe de l'emballage,
- c. l'angle maximal au sommet des élingues.

1.2 Justifier que les dispositifs présents sur la surface externe du colis, destinés à écarter une surpression dans la structure, n'induisent pas des variations du taux d'humidité et des propriétés de la protection neutronique. Justifier la suffisance de ces dispositifs (position, dimensions, nombre) pour évacuer les gaz résultants d'une éventuelle décomposition thermique de la protection neutronique.

2 Comportement mécanique du colis

2.1 Spécifier les caractéristiques mécaniques des rondelles des vis de fixation des capots et démontrer que le couple de serrage appliqué à ces vis n'entraîne pas de déformation plastique des rondelles susceptibles d'engendrer une relaxation de l'assemblage vissé.

2.2 Démontrer que les phénomènes de rétractation thermique à - 40°C ne mettent pas en cause le dimensionnement des assemblages vissés du colis.

2.3 Justifier la pertinence des décollements des plans de joints des composants de fermeture de la cavité dont les valeurs maximales ont été obtenus à l'issue des épreuves simulant les conditions accidentelles de transport (chute oblique côté tête à la température atteinte en conditions normales de transport) en considérant les efforts de serrage maximaux.

2.4 Justifier que le décollement résiduel du plan de joint de la tige de tête, à la suite d'une séquence incluant une chute libre du colis en position inclinée précédée d'une chute sur poinçon, est inférieur à celui déterminé à l'issue d'une unique chute libre du colis.

2.5 Démontrer que le décollement des plans de joint du couvercle et de la tige déterminé couvre celui qui serait évalué en considérant un impact du colis sur une génératrice située entre deux vis de fixation.

2.6 Pour l'étude d'un impact différé du contenu sur le système de fermeture du colis :

- a. Démontrer que la prise en compte des propriétés des composants à la température maximale en CNT couvre l'accélération qui serait déterminée en considérant une température de -40°C ;
- b. Déterminer le décollement maximal du couvercle en considérant un impact sur une génératrice située entre 2 vis de fixation du couvercle ainsi que leur effort de serrage minimal ;
- c. Prendre en compte le jeu minimal initial entre le barillet et les éléments de fermeture de la cavité.

2.7 Évaluer la tenue mécanique des étuis et de leur système de fermeture en considérant le cumul de la pression interne maximale atteinte en conditions normales et accidentelles de transport et des sollicitations mécaniques rencontrées lors des épreuves réglementaires de chute.

3 Comportement thermique du colis

- 3.1 Justifier le conservatisme des jeux modélisés entre les composants du colis en conditions normales de transport.
- 3.2 Justifier les caractéristiques thermiques retenues pour modéliser le contre-plaqué dans l'évaluation du comportement du colis à l'issue de l'épreuve de feu ou réaliser une étude paramétrique.
- 3.3 Évaluer l'impact des échanges thermiques à l'intérieur des tubes de passage des vis de fixation des capots amortisseurs sur la température des composants du colis déterminée en conditions accidentelles de transport.
- 3.4 Justifier le caractère pénalisant de la répartition de la puissance thermique retenue pour prendre en compte la dispersion de matière radioactive dans la cavité de l'emballage.

4 Confinement

- 4.1 Justifier la validité des codes utilisés pour déterminer l'inventaire et l'activité des radioéléments au regard des paramètres d'irradiation et de la composition initiale des contenus.
- 4.2 Présenter les hypothèses de calcul retenues pour déterminer l'inventaire et l'activité des radioéléments du contenu n° 7.
- 4.3 Évaluer le taux de compression minimal des joints d'étanchéité du colis en tenant compte, d'une part d'une valeur justifiée de déformation rémanente à la compression des joints, d'autre part d'une valeur de décollement résiduel du plan de joint des composants de fermeture de la cavité enveloppe.

5 Radioprotection

- 5.1 Justifier le caractère pénalisant de chaque vecteur isotopique retenu pour les calculs d'intensité maximale de rayonnement au contact et au voisinage du colis.
- 5.2 Préciser les hypothèses retenues pour évaluer les facteurs de multiplication effectifs à sec des neutrons.
- 5.3 Justifier que, pour le contenu n° 3, les sources neutrons et gamma du combustible de type (U,Pu)O₂ avec une teneur en (Pu+Am) de 45 % et un taux de combustion de 120 000 MWj/t ML sont moins pénalisantes que les sources du combustible (U,Pu)O₂ avec une teneur en (Pu+Am) de 30 % et un taux de combustion de 170 000 MWj/t ML.
- 5.4 Prendre en compte dans la définition de l'inéquation présentée pour le contenu n° 4, les émissions gamma issues de l'activation des pièces transportées.
- 5.5 Justifier que le contenu n° 7 est couvert par le contenu n° 6 sur la base de l'ensemble des paramètres caractérisant ces contenus.

6 Sûreté-criticité

- 6.1 Intégrer au dossier de sûreté les compléments prenant en compte une modélisation hétérogène du contenu n° 5.
- 6.2 Préciser dans les projets de certificats d'agrément du colis relatifs au transport des contenus de type « fissiles exceptés » les valeurs des seuils d'exception que les quantités de matières fissiles par colis et par envoi ne doivent pas dépasser en cohérence avec ceux mentionnés dans la dernière édition de la réglementation applicable.

7 Fabrication, utilisation et maintenance du colis

- 7.1 Préciser les dispositions garantissant l'étanchéité des enveloppes métalliques des capots. Dans le cas où les soudures ne seraient pas de type pleine pénétration, définir des contrôles lors des opérations de maintenance.
- 7.2 Spécifier dans le dossier de sûreté que la préparation par attaque acide de la surface des vis de classe de qualité supérieure ou égale à 10.9 avant traitement est interdite.
- 7.3 Étudier la faisabilité d'un marquage des composants avec des repères visuels facilitant l'ordonnement des opérations de serrage.

8 Retour d'expérience

- 8.1 Préciser l'origine et les causes qui ont conduit au remplacement des pièces non conformes lors des contrôles systématiques, lors des réparations ou lors des changements de configurations (joints d'étanchéité, vis, filets rapportés soupapes, bouchons fusibles, ...).