

Fontenay-aux-Roses, le 15 décembre 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2014-446

**Objet :** Transport - Prorogation- Emballage CERCA 01 chargé d'éléments combustibles non irradiés

**Réf.**

1. Lettre ASN CODEP-DTS-2014-006312 du 5 février 2014
2. Règlement de transport de l'AIEA, N°TS-R-1, édition de 2009

Par lettre citée en première référence, les services de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont demandé l'avis et les observations de l'IRSN sur la demande de prorogation d'agrément présentée par la société TN International pour le modèle de colis CERCA 01.

Le modèle de colis CERCA 01 est chargé d'éléments combustibles non irradiés destinés à des réacteurs expérimentaux : assemblage de type RHF ou FRM II, plaques combustibles [REDACTED] éléments combustibles de type TRIGA. La société TN International sollicite un agrément de ce modèle de colis en tant que colis chargé de matières fissiles et suivant les contenus, de type IP-3 ou de type A. Cette demande concerne des transports par route, fer ou mer.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en seconde référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

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

#### Principales évolutions du dossier de sûreté

La principale évolution du dossier de sûreté concerne la présentation de calculs numériques, à la place de démonstrations analytiques, pour justifier le comportement mécanique du colis dans les conditions des épreuves réglementaires de chute. De plus, l'étude de fatigue des organes d'arrimage du colis a été révisée afin de prendre en compte la combinaison des efforts dans les différentes directions en conditions de transport de routine. L'analyse thermique a été complétée afin de prendre en compte les jeux entre le panier et la virole ainsi que, dans les conditions de l'essai de feu, une émissivité de la surface de la virole de 0,8 et un coefficient de convection forcée de  $10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

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

Enfin, les chapitres concernant les instructions d'utilisation et de maintenance ont été révisés afin d'inclure des contrôles d'absence de détérioration de plaque, d'étanchéité des capots et de ressuage de la virole interne.

#### Non-contamination des contenus

Pour les contenus n°1 à n°6, l'activité maximale du contenu est de [REDACTED]. Le requérant classe la matière de ces contenus dans le groupe des matières de faible activité spécifique LSA-III. Il justifie ce classement par les résultats d'essais de lixiviation réalisés sur des noyaux nus de plaques combustibles. À cet égard, en considérant l'activité maximale « perdue » par une plaque ou un barreau, il évalue le nombre maximal d'éléments permettant de respecter le critère réglementaire de 0,1 A2, à [REDACTED]. Ces valeurs étant bien supérieures au nombre maximal de plaques et barreaux combustibles pouvant être transportés dans l'emballage CERCA 01, le critère de relâchement associé au test de lixiviation est respecté.

De plus, pour tous les contenus, l'activité spécifique massique maximale est évaluée à [REDACTED] ce qui est inférieur au critère réglementaire de  $2 \cdot 10^{-3}$  A2/g associé au classement des matières en LSA-III. [REDACTED]

#### Comportement mécanique du colis

Le requérant a révisé les démonstrations concernant le comportement du modèle de colis CERCA 01 en conditions de transport de routine. En particulier, pour le dimensionnement des organes d'ancrage, il a pris en compte la combinaison des sollicitations statiques maximales retenues dans les trois directions. Il a également revu la méthode d'analyse de la tenue en fatigue. Pour ce qui concerne la rupture des oreilles d'arrimage, le requérant ne considère que le mode de rupture par cisaillement double. Or, le mode de rupture par arrachement de matière en traction s'avère plus pénalisant. [REDACTED] est de l'ordre de 15 % [REDACTED] la limite d'élasticité de l'acier [REDACTED]. Toutefois, le requérant devrait mettre à jour son étude pour prendre en compte ce mode de rupture.

Pour ce qui concerne la tenue en fatigue, le requérant n'a pas tenu compte dans son calcul des principaux facteurs pouvant impacter la limite d'endurance des matériaux soumis à des sollicitations cycliques selon la publication Techniques de l'ingénieur bm5044 : l'état de surface qui dépend de la rugosité du matériau (facteur de surface  $K_s$ ), la taille de la pièce sollicitée (facteur d'échelle  $K_e$ ) et le coefficient de concentration des contraintes (facteur d'entaille  $K_f$ ). Par ailleurs, la tenue en fatigue n'a pas été vérifiée pour les soudures ni pour la tenue en traction de l'oreille (mode par arrachement en traction). Compte tenu des marges dégagées [REDACTED], l'IRSN estime que la tenue en fatigue des organes d'arrimage du colis ne devrait pas être remise en cause. Toutefois, le requérant devrait mettre à jour son étude afin de prendre en compte, d'une part les principaux facteurs pouvant impacter la limite d'endurance, d'autre part la vérification de la tenue des soudures et la tenue en traction de l'oreille (mode par arrachement en traction).

Le requérant analyse la tenue de l'emballage en conditions accidentelles de transport en s'appuyant notamment sur les résultats des essais de chute réalisés sur un spécimen représentatif de l'emballage CERCA 01. La prise en compte des variations des caractéristiques mécaniques des matériaux en fonction de la plage de températures associées aux conditions normales de transport est réalisée à l'aide de calculs analytiques pour les chutes axiales et numériques pour les chutes obliques et quasi-horizontale. Cette étude n'appelle pas de commentaire.

#### Impact différé du contenu

Le jeu maximal est de [REDACTED] pour les contenus 3 à 8, de [REDACTED] pour le contenu n°2 et [REDACTED] pour le contenu n°1. Le jeu fonctionnel de [REDACTED] est réduit et exclut la mise en place de calages supplémentaires. L'IRSN a estimé la part d'énergie supplémentaire susceptible d'être transférée au couvercle lors de l'épreuve de chute de 9 m du colis en position verticale avec impact du côté du couvercle, pour un retrait du contenu de [REDACTED]. Avec des hypothèses prudentes, les estimations de l'IRSN montrent que cette énergie ne devrait pas conduire à augmenter la déformation des vis du couvercle de plus de [REDACTED] ce qui confirme le maintien du confinement de la matière fissile.

Toutefois l'IRSN note la présence de la plaque [REDACTED] sous le couvercle qui en amortissant le choc interne atténuera ses effets sur le couvercle, mais pourra subir des écrasements locaux importants, susceptibles de remettre en cause le critère de jeu maximum retenu pour empêcher les regroupements de matières fissile comme prévu dans l'analyse de sûreté-criticité.

Par conséquent, l'IRSN recommande, d'une part, de réduire les jeux longitudinaux maximums dans la cavité du colis [REDACTED] pour tous les contenus, d'autre part d'entreprendre une démarche d'évaluation du comportement du couvercle, de ses vis de fixation et de la plaque [REDACTED] dans la configuration de chute avec impact différé la plus pénalisante.

Par ailleurs, l'IRSN estime que pour les plaques combustibles du contenu n°6, leur plus grande dimension devrait être égale à [REDACTED] minimum afin d'empêcher tout transfert de plaque d'un alvéole à l'autre. Pour les mêmes raisons, les [REDACTED] TRIGA des contenus n°4 et n°8, devraient soit avoir [REDACTED] soit mesurer plus de [REDACTED] de long.

#### Adjonctions au colis

Deux systèmes d'arrimage sont adjoints au colis pour son transport [REDACTED] : une palette de manutention [REDACTED] ou une cage de manutention [REDACTED]. L'IRSN note que la palette est fixée au colis dans la zone du capot de fond qui n'est pas particulièrement sensible aux agressions mécaniques et que la masse de la palette [REDACTED] ne présente pas plus de 17 % de la masse du colis. De ce fait, l'IRSN estime que la présence de la palette ne remet pas en cause l'intégrité du modèle du colis en conditions accidentelles de transport. En revanche, la cage est de masse beaucoup plus élevée (28 % de celle du colis). Aussi, l'IRSN considère que le concept de la cage s'éloigne notablement des standards de palette couramment utilisés en transport en général et que la démonstration de l'absence de remise en cause de la sûreté du colis, par la cage, n'a pas été apportée. L'IRSN recommande l'exclusion de ce mode d'arrimage.

### Comportement mécanique des contenus

La société TN International a évalué la tenue mécanique des aménagements internes de l'emballage et des assemblages RHF, FRM II et des éléments à plaques [REDACTED]. La tenue mécanique des éléments combustibles TRIGA et des plaques [REDACTED] n'est pas étudiée, la dégradation totale de ces contenus étant considérée en conditions accidentelles de transport dans les études de sûreté.

Pour l'étude de sûreté-criticité, le requérant n'a pas considéré de jeu axial permettant le regroupement de débris dans un ou plusieurs alvéoles du panier multiéléments, ce qui implique l'absence de déformation des plaques [REDACTED] positionnées sous le couvercle et sur le fond des paniers. À cet égard, la tenue de ces plaques a été évaluée en comparant les contraintes obtenues à la contrainte de compression minimale des plaques à température ambiante. Toutefois, cette valeur considère une surface d'appui correspondant à la totalité de la plaque. Le fait de ne pas considérer les surfaces des alvéoles du panier multiéléments engendre une augmentation de contrainte d'un facteur 1,6. Le requérant a précisé en cours d'instruction que, la contrainte de compression est divisée [REDACTED] à la température maximale des CNT [REDACTED] sans justification. L'IRSN estime donc que le requérant devrait justifier ce facteur de réduction de la contrainte de compression. Plus généralement, le non écrasement de la plaque [REDACTED] devrait être démontré en prenant en compte les risques d'impact différé.

### Étude de non-dispersion

La tenue mécanique des assemblages RHF, FRM II et des éléments à plaques [REDACTED] est démontrée. La tenue des plaques [REDACTED] et des éléments combustibles TRIGA n'est pas étudiée. Toutefois, pour ces combustibles, dont le matériau de l'âme est un [REDACTED], l'IRSN estime qu'en conditions normales de transport, le risque de dispersion de matières radioactives est exclu.

### Sûreté-criticité

Le requérant a mis à jour l'étude de sûreté-criticité en tenant compte des remarques formulées lors de la précédente expertise. L'IRSN estime que ces mises à jour sont satisfaisantes.

Bien que le nombre N soit limité à [REDACTED] pour les contenus n° 3, 4 et 8, et, lorsque l'enrichissement en  $^{235}\text{U}$  est compris entre [REDACTED] et [REDACTED] pour les contenus n° 6 et 7, les études associées n'ont pas été révisées et considèrent toujours un nombre N égal à [REDACTED]. L'IRSN estime que l'étude de criticité devrait être mise à jour pour intégrer cette modification.

De plus, le requérant exprime maintenant la densité du cœur fissile en masse d' $^{235}\text{U}$  par centimètre cube et non plus en masse d'uranium total ( $U_t$ ) par  $\text{cm}^3$  pour certains contenus (n° 1, n° 2, n° 3 et n° 7). Cette modification permet de transporter des éléments combustibles ayant une densité en uranium total supérieure à [REDACTED]. À cet égard, le requérant a considéré dans ses

démonstrations de sûreté-criticité une densité d'<sup>235</sup>U de [REDACTED] correspondant à un enrichissement de [REDACTED]. Cependant, si, pour la même densité en <sup>235</sup>U, on considère un enrichissement inférieur, la proportion d'<sup>235</sup>U par rapport à l'uranium total va diminuer et la densité totale va augmenter. Par exemple, pour un enrichissement à [REDACTED] d'<sup>235</sup>U, la densité totale sera [REDACTED] ce qui est deux fois supérieur à celle considérée dans l'étude de criticité. Aussi, des calculs complémentaires ont été réalisés par l'IRSN et permettent de valider cette modification. Toutefois, le requérant devrait justifier le conservatisme de la démarche consistant à ne spécifier que la densité en <sup>235</sup>U dans les projets de certificat d'agrément..

Par ailleurs, pour le contenu n°1 (éléments RHF), la densité en <sup>235</sup>U prise en compte dans les études réalisées n'est pas enveloppe de la densité réelle selon une récente déclaration d'événement de l'INB 63 (FBFC Romans). En l'état, le certificat ne permet donc pas le transport d'éléments RHF. Le requérant a indiqué préparer une demande d'extension d'agrément au contenu n°1 modifié pour permettre le transport des éléments RHF réels. En attendant, l'IRSN a exclu ce contenu du projet de certificat. Le requérant a donné son accord sur ce point. Par ailleurs, le requérant a précisé en fin d'instruction que les contenus n°1 et n°2 feraient l'objet d'une demande d'extension et sont donc supprimés de la demande de certificat actuelle et les contenus n°4 et n°8 sont supprimés de la demande de certificat faute de besoin.

#### Maintenance

Le requérant a mis à jour le paragraphe concernant la maintenance du modèle de colis CERCA 01, en classant les composants du modèle de colis en catégories en fonction de leur rôle dans le maintien des fonctions de sûreté et leur maintenabilité. L'IRSN estime que ces modifications sont satisfaisantes.

Le requérant ne prévoit pas de contrôle de l'état du [REDACTED] des aménagements internes, alors que cet élément a un rôle de sûreté dans les études thermiques, mécaniques et de sûreté-criticité. L'IRSN estime que le requérant devrait prévoir des modalités de contrôle justifiées de l'état du [REDACTED] des paniers.

Concernant les plaques de protection [REDACTED] équipant les aménagements internes, le classement proposé en tant que composant dont une défaillance est sans conséquence sur la sûreté n'est pas acceptable dans la mesure où ces plaques interviennent dans la justification du modèle de calcul de l'étude de sûreté-criticité. En cours d'instruction, le requérant a précisé que ces plaques pourraient être classées dans une catégorie supérieure, et que leur indice de maintenabilité pourrait être considéré à un niveau inférieur. Bien que cette modification conduise à un niveau de contrôle identique à celui actuel, l'IRSN propose qu'elle soit appliquée afin d'assurer une cohérence dans la démarche de sûreté.

### Conclusion

En fin d'instruction, la société TN International a confirmé restreindre sa demande de prorogation du certificat d'agrément du modèle de colis CERCA 01 aux contenus n°3, n°5, n°6 et n°7.

Compte tenu des justifications de sûreté présentées, l'IRSN considère que le modèle de colis, tel que défini dans les projets de certificat joints à la présente lettre, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis de type IP-3 et A chargés de matières fissiles.

Le projet de certificat a été modifié pour exclure l'utilisation de la cage d'arrimage et de manutention en attendant les justifications appropriées. En outre, un jeu longitudinal maximum [REDACTED] est imposé aux contenus combustibles pour limiter les risques de dommage au système de fermeture dans les conditions de l'épreuve réglementaire de chute. Par ailleurs, l'IRSN estime que pour le contenu n°6, contenant des plaques, la plus grande dimension de chaque plaque devrait être supérieure à [REDACTED] afin d'empêcher tout transfert de plaques d'un alvéole à l'autre du panier multiléments.

Enfin, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté, le requérant devrait tenir compte des observations indiquées en annexe 2, parmi lesquelles l'analyse détaillée du comportement de la plaque en polyéthylène sous le couvercle, dans les conditions de l'épreuve réglementaire de chute de 9 m de hauteur avec impact différé, devrait être considérée comme une priorité.

Pour le Directeur général, par ordre,  
Gilles SERT,  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Annexe 1 à l'avis IRSN N°2014-446 du 15 décembre 2014**

**Modifications apportées par l'IRSN aux projets de certificat transmis par le requérant**

**Certificat F/373/IF-96(Do)**

- 1 **Annexe 0 :**
  - 1.1 § 1.5 : Ajout de la mention « L'arrimage de l'emballage au moyen de sa cage de manutention est interdit. »
- 2 **Suppression des annexes 1 (contenu RHF) et 2 (contenu FRM-II)**
- 3 **Annexe 3 :**
  - 3.1 §2.2 : jeu maximum de [REDACTED] dans la cavité du colis au lieu de [REDACTED] par rapport à la face supérieure du panier.
- 4 **Suppression de l'annexe 4 (contenu TRIGA)**
- 5 **Annexe 6 :**
  - 5.1 §1 : Ajout de la mention « La plus grande dimension d'une plaque doit être supérieure à [REDACTED] »
  - 5.2 §2.2 : jeu maximum de [REDACTED] dans la cavité du colis au lieu de [REDACTED] par rapport à la face supérieure du panier.

**Certificat F/373/IF-96(Do)**

- 1 **Annexe 0 :**
  - 1.1 § 1.5 : Ajout de la mention « L'arrimage de l'emballage au moyen de sa cage de manutention est interdit. »
- 2 **Annexe 7 :**
  - 2.1 §2.2 : jeu maximum de [REDACTED] dans la cavité du colis au lieu de [REDACTED] par rapport à la face supérieure du panier.
- 3 **Suppression de l'annexe 8 (contenu TRIGA)**

Annexe 2 à l'avis IRSN N° 2014-446 du 15 décembre 2014

Observations de l'IRSN pour l'amélioration des démonstrations de sûreté

- 1 Maintenance

Concernant les plaques de protection en [REDACTED] revoir le classement proposé en tant que composant de catégorie 2 (non-respect d'un critère applicable aux CAT alors que l'emballage est soumis aux CAT) et avec un indice de maintenabilité de niveau 5 (pièce, composant ou sous ensemble facilement contrôlable et pouvant être changé ou réparé lors de l'utilisation de l'emballage avant expédition).
- 2 Tenue mécanique de l'emballage en conditions de transport de routine
  - 2.1 Compléter l'étude de tenue des oreilles d'arrimage pour prendre en compte le mode de rupture par arrachement de matière en traction.
  - 2.2 Compléter l'étude de tenue en fatigue afin de prendre en compte, d'une part les principaux facteurs pouvant impacter la limite d'endurance, d'autre part la vérification de la tenue des soudures et la tenue en traction de l'oreille.
- 3 Adjonctions au colis

Évaluer le risque d'endommagement du colis par la palette et la cage utilisées pour arrimer le colis en cours de transport, afin de s'assurer de l'absence de dégradation supérieure à celles présentées dans les analyses mécaniques relatives aux conditions normales et accidentelles de transport.
- 4 Comportement mécanique du colis en conditions accidentelles de chute
  - 4.1 Évaluer l'amplification dynamique des contraintes dans les aménagements internes en configuration de chute du colis en position verticale.
  - 4.2 Justifier la l'absence de déformation locale de la plaque [REDACTED] au regard des contraintes de compression du [REDACTED] induites en conditions accidentelles de chute.
  - 4.3 Justifier la tenue de la plaque [REDACTED] à l'impact différé du contenu dans les conditions d'une chute de 9 m de hauteur du colis en position verticale avec impact sur la cible du côté du couvercle et retrait maximal du contenu avant impact.
- 5 Non-dispersion

Justifier que la rigidité des organes de fermeture empêche leur flexion sous les efforts induits par la dilatation des joints au-delà du taux maximal de remplissage de la gorge de joint en conditions accidentelles de transport. À défaut, modifier les dimensions du joint afin de garantir un taux remplissage maximal inférieur à 100 %.



6 Sûreté-criticité

- 6.1 Mettre à jour les études de sûreté-criticité afin d'inclure la modification du nombre N, limité actuellement à [REDACTED] pour les contenus n° 3, 4 et 8 et pour les contenus n° 6 et 7 lorsque l'enrichissement en  $^{235}\text{U}$  est compris entre [REDACTED] et [REDACTED]
- 6.2 Justifier le conservatisme de la démarche consistant à ne spécifier que la densité en  $^{235}\text{U}$  dans les projets de certificat d'agrément au regard de l'impact de milieux fissiles de densité en uranium total supérieure à [REDACTED]