

Fontenay-aux-Roses, le 25 septembre 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-00257

Objet : Transport - Modèle de colis TN 24 DH+
Programme d'essai de chute

Réf. Lettre ASN CODEP-DTS-2018-017448 du 20 mars 2018

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le programme de l'essai de chute présenté par la société ORANO TN pour le modèle de colis TN 24 DH+.

Ce nouveau modèle de colis, du type B(U) fissile, est destiné au transport sur la voie publique d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium, irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée. Il sera également utilisé pour l'entreposage de ces combustibles.

Pour mémoire, le dossier d'options de sûreté de ce modèle de colis a fait l'objet d'un avis de l'IRSN en 2017 et d'une lettre de l'ASN en 2018. Ce dossier indiquait en particulier la réalisation d'un essai de chute sur une maquette représentative de la partie supérieure du colis. Cet essai, prévu en 2018, vise à qualifier le modèle numérique qui sera utilisé pour les démonstrations de sûreté.

De l'examen du programme de cet essai de chute, l'IRSN retient les points suivants.

1 DESCRIPTION DU CONCEPT DU MODELE DE COLIS

Le modèle de colis TN 24 DH+ se compose d'un corps cylindrique, équipé à chaque extrémité par un capot amortisseur de chocs composé de blocs de bois confinés dans une enveloppe métallique. Le corps, en acier au carbone, est constitué d'une virole épaisse et d'un fond soudé à celle-ci. Il est entouré de conducteurs thermiques, d'une protection neutronique et d'une enveloppe externe en acier au carbone. La fermeture de la cavité du corps de l'emballage est assurée par deux couvercles munis de joints d'étanchéité (concept de double barrière d'étanchéité). Le couvercle interne intègre un amortisseur visant à limiter les conséquences d'un éventuel impact du contenu en conditions accidentelles de transport.

Pour mémoire, ce modèle de colis reprend en grande partie le concept des modèles de colis de la famille TN 24, en modifiant le couvercle interne et les capots amortisseurs.

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

2 COMPORTEMENT MECANIQUE DU COLIS

Pour mémoire, les analyses du comportement mécanique en chute du modèle de colis TN 24 DH+ dans les conditions normales de transport et les conditions accidentelles de transport reposeront :

- pour les chutes de 9 m sur cible indéformable, sur des calculs numériques ;
- pour les chutes de 1 m sur poinçon, sur des analyses de similitudes par rapport à des modèles de colis existants.

2.1 Chute de 9 m sur cible indéformable

2.1.1 Détermination des configurations de chute

Le requérant analyse, de manière qualitative, les configurations de chutes envisageables, au regard des sollicitations des capots et du système de fermeture, afin de déterminer celles qui seront étudiées dans le dossier de sûreté. Ainsi, il retient quatre configurations de chute de 9 m.

Pour ces quatre configurations, il a réalisé des calculs numériques préliminaires. Le modèle de calcul utilisé s'appuie notamment sur les modélisations du comportement des blocs de bois, des soudures et des tôles internes et externes des capots. Compte tenu des particularités des nouveaux capots (épaisseurs de bois importantes, essences de bois multiples...), le requérant estime nécessaire de valider sur la base d'un essai le modèle numérique utilisé concernant le comportement mécanique des capots. Pour les autres parties du modèle de calcul, il considère la validation du modèle de calcul acquise sur la base d'éléments déjà disponible.

Pour cet essai, le requérant retient une configuration de chute du colis en position oblique. L'essai sera réalisé en utilisant une maquette, à l'échelle 1/3, représentative du capot amortisseur de tête avec ses vis de fixation et du couvercle secondaire avec ses vis de fixation. Les autres éléments (corps de l'emballage, contenu, couvercle primaire et capot de fond) sont simulés par un lest. Par ailleurs, le système d'étanchéité du couvercle secondaire n'est pas simulé.

Cette démarche est cohérente avec les éléments présentés dans le dossier d'options de sûreté du modèle de colis TN 24 DH+, s'agissant en particulier de la réalisation d'une campagne d'essai ciblée. Sur ce point, par rapport au dossier d'options de sûreté, le requérant a modifié le concept de la maquette utilisée pour l'essai de manière à représenter le couvercle secondaire et ses fixations. L'IRSN estime cette évolution, qui améliore les données pouvant être acquises lors de l'essai (efforts au niveau des vis de fixation notamment), satisfaisante. Nonobstant, l'analyse des comportements du couvercle primaire et des systèmes d'étanchéité reste fondée sur des analyses de similitudes par rapport à des concepts d'emballage existants et des calculs numériques. À cet égard, comme indiqué dans son avis sur les options de sûreté précitée, l'IRSN estime cette démarche acceptable sous réserve que les principes de conception du modèle de colis assurent des marges de sûreté cohérentes avec les données disponibles. Ce point a fait l'objet d'une demande dans la lettre de l'ASN relative à ces options de sûreté.

En tout état de cause, il conviendra que le requérant détaille dans le dossier de sûreté l'ensemble des éléments de validation de son modèle de calcul.

De l'examen des calculs préliminaires du requérant, l'IRSN retient les points d'attention présentés ci-après, qui devraient être pris en compte dans le dossier de sûreté joint à la demande d'agrément du modèle de colis TN 24 DH+.

2.1.2 Modèle numérique de chute

2.1.2.1 *Modélisation des soudures*

Le capot de tête du modèle de colis comprend plusieurs soudures entre ses tôles. Les calculs numériques préliminaires du requérant montrent des niveaux de déformation des soudures globalement inférieurs à la déformation à la rupture du matériau de base. Cependant, l'allongement à la rupture de ce matériau est dépassé localement, en particulier sur les tôles externes du capot. Or, la modélisation de ces soudures effectuée par le requérant ne permet pas de représenter leur rupture.

2.1.2.2 *Modélisation des bois du capot*

Le concept des capots du modèle de colis TN 24 DH+ utilise des blocs de bois de différentes essences et orientations de fibres, compartimentés par des tôles en acier.

Certains blocs de bois présentent des fibres orientées radialement par rapport à l'axe de révolution du capot. Dans le modèle numérique, ces blocs sont subdivisés en deux ou trois « sous blocs », ce qui permet de modéliser une résistance mécanique du bois pratiquement constante sur toute la circonférence du modèle numérique. Le requérant a indiqué au cours de l'expertise que les blocs de la maquette présenteront une subdivision équivalente à celle du modèle numérique. De plus, la génératrice d'impact de la maquette retenue correspond à l'axe d'orientation des fibres du bois. La résistance mécanique rencontrée correspond donc à celle modélisée. **Ceci est satisfaisant pour ce qui concerne le recalage du modèle numérique.**

Le requérant a, par ailleurs, indiqué que le mode de fabrication des capots de l'emballage n'est à ce jour pas arrêté et le nombre de subdivisions pourrait être moins important. De ce fait, la résistance mécanique du capot du colis pourrait présenter des variations importantes sur sa circonférence, en étant plus élevée au milieu des blocs qu'à la jonction entre deux blocs.

2.1.3 Dispositif expérimental

L'essai de chute sera réalisé sur le site d'expérimentation d'ORANO TN à Laudun. La masse de la maquette et la hauteur de chute retenues pour cet essai laissent une marge de l'ordre de 8 % par rapport à l'énergie potentielle maximale définie pour la dalle d'essais de ce site.

À cet égard, le requérant vise lors de l'essai à observer des comportements particuliers des blocs de bois, notamment en cas de dépassement du seuil de talonnement du bois. Compte tenu qu'il ne sera pas possible pour le site retenu d'augmenter la sollicitation des blocs de bois en augmentant la hauteur de chute, il se laisse la possibilité de chauffer le capot de la maquette avant l'essai, de manière à diminuer le seuil de talonnement des essences de bois. À cet égard, après chauffage de la maquette, il convient de garantir le maintien de sa température, ce qui pourrait être délicat compte tenu de ses dimensions et du délai entre la fin du chauffage et le largage de la maquette. Aussi, il conviendra, dans l'éventualité du chauffage de la maquette avant l'essai de chute, que le requérant vérifie que les modalités et le dispositif mis en place garantissent la maîtrise des niveaux de température du capot de la maquette. Ce point fait l'objet de l'observation en annexe 1 au présent avis.

2.1.4 Étude des sollicitations du couvercle primaire

Le modèle de colis TN 24 DH+ comporte un amortisseur interne limitant les sollicitations potentielles du couvercle primaire lors d'un impact du contenu. Le concept de l'amortisseur interne n'est pas encore arrêté. Le comportement de cet amortisseur interne sera étudié par le requérant à partir d'essais de compression dynamique sur un dispositif représentatif de celui-ci. **L'IRSN estime la démarche du requérant satisfaisante.**

2.2 Analyse par similitude pour la chute de 1 m sur poinçon

Le requérant étudiera le comportement du modèle de colis TN 24 DH+ en chute sur poinçon en s'appuyant sur des analyses de similitude avec d'autres modèles de colis. **Cette démarche, déjà présentée dans le dossier d'options de sûreté, n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

À cet égard, le concept du capot du modèle de colis TN 24 DH+ et les concepts auxquels le requérant prévoit de se référer présentent des différences notables (épaisseur, volume, orientation des fibres, essences de bois, géométrie des tôles...). **Aussi, conformément à la demande formulée dans la lettre ASN relative aux options de sûreté du modèle de colis TN 24 DH+, le requérant devra justifier dans le dossier de sûreté les similitudes entre les capots amortisseurs pris en compte dans l'analyse au regard des comportements étudiés.**

3 COMPORTEMENT THERMIQUE DU CAPOT

Concernant le risque de poursuite de la combustion du bois des capots après les 30 minutes de feu de l'épreuve réglementaire, le volume du capot avant du modèle de colis TN 24 DH+, en particulier celui des compartiments de sa couronne extérieure délimités par les goussets, est plus important que celui des capots des autres modèles de colis de la société ORANO TN actuellement agréés.

Le requérant a indiqué au cours de l'expertise qu'il prendra en compte ce phénomène en effectuant des simulations numériques thermiques selon deux configurations :

- 1^{ère} configuration : prise en compte de la dégradation de la protection thermique due à la perforation du bois à la suite de la chute sur poinçon, sans prise en compte de la combustion du bois ;
- 2^{nde} configuration : pas de prise en compte de la perforation du bois à la suite de la chute sur poinçon et prise en compte d'une marge forfaitaire de 50°C sur la température maximale d'utilisation des joints pour tenir compte de la possible combustion du bois du capot.

L'IRSN estime satisfaisante la prise en compte du risque de poursuite de la combustion du bois des capots après le feu réglementaire dans les analyses thermiques. En outre, en l'état des données disponibles, le principe d'une marge de 50°C pour la température maximale admissible des joints de confinement apparaît acceptable.

De manière générale, le requérant devrait justifier de ne pas tenir compte du poinçonnement du capot dans les études considérant la marge de 50°C associée au risque de poursuite de la combustion du bois. Toutefois, dans le cas particulier du capot du modèle de colis TN 24 DH+, l'épaisseur importante de bois de ce capot limitera la zone poinçonnée à proximité du couvercle secondaire et donc l'augmentation des températures des composants sensibles du colis au cours de l'incendie. **Aussi, pour le cas particulier du modèle de colis TN 24 DH+, l'IRSN considère l'approche proposée par le requérant acceptable à ce stade.**

4 CONCLUSION

En conclusion, l'IRSN considère que le programme de l'essai de chute présenté par la société ORANO TN pour le nouveau modèle de colis TN 24 DH+ est convenable.

Cependant, il conviendrait pour la réalisation de ce programme de prendre en compte l'observation reprise en annexe 1 au présent avis.

De plus, l'IRSN souligne que la qualification du modèle de colis sera fondée sur un ensemble d'éléments, incluant l'essai précité, ayant chacun leur domaine de validité. Une attention particulière devra donc être portée à cette qualification dans le dossier de sûreté.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN n° 2018-00257 du 25 septembre 2018

Observation

1 Réalisation de l'essai de chute sur maquette

Vérifier, dans l'éventualité du chauffage de la maquette avant chute, que les modalités et le dispositif mis en place garantissent la température du capot de la maquette et son homogénéité au moment du largage lors de l'essai de chute.