


<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Orano NPS</p> <p style="margin: 5px 0 0 20px;">DOSSIER DE SURETE</p> <p style="margin: 0 0 0 20px;">TN-MW</p>	Diffusion limitée Orano - Autorités		 <p style="font-size: 1.5em; margin: 0;">orano</p>	
	<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">CHAPITRE 1.5</p> <p style="margin: 0;">CARACTERISTIQUES DE PERFORMANCES DU COLIS</p>			
	Préparation	Date		Signature
Vérification	Date	Signature		
Identification :		DOS-19-018266-009	Vers. 2.0	Page 1 / 17

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	3
2.	DESCRIPTION ET DEFINITIONS	3
3.	PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MECANIQUE	5
4.	PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE	8
5.	PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE CONFINEMENT	10
6.	PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE DES DEBITS D'EQUIVALENT DE DOSE	11
7.	PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SURETE-CRITICITE	13
8.	CONDITIONS D'UTILISATION	15
9.	PROGRAMME D'ENTRETIEN PERIODIQUE	16
10.	PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITE	16
11.	REFERENCES	17

État des révisions

Version	Date	Objet et historique des modifications	Préparé par / Vérifié par
Ancienne référence : DOS-16-00170573-050			
0	28/04/16	Création du document	
1	21/12/16	Refonte du document	
2	28/02/17	Ajout dans la description de l'aménagement interne de la présence éventuelle de systèmes de calage en acier inoxydable	
Nouvelle référence : DOS-19-018266-009			
1.0	21/05/19	Prise en compte de la modification du contenu maximal autorisé et des impacts sur les analyses de thermique, radioprotection et criticité. Modification du cas complémentaire de criticité : étude en réseau de colis fini	
2.0	Voir 1 ^e page	Ajout des cas complémentaires d'étude prenant en compte la vidange différentielle et la dispersion de la matière. Ajout d'un contrôle du bon état général de l'emballage avant expédition.	

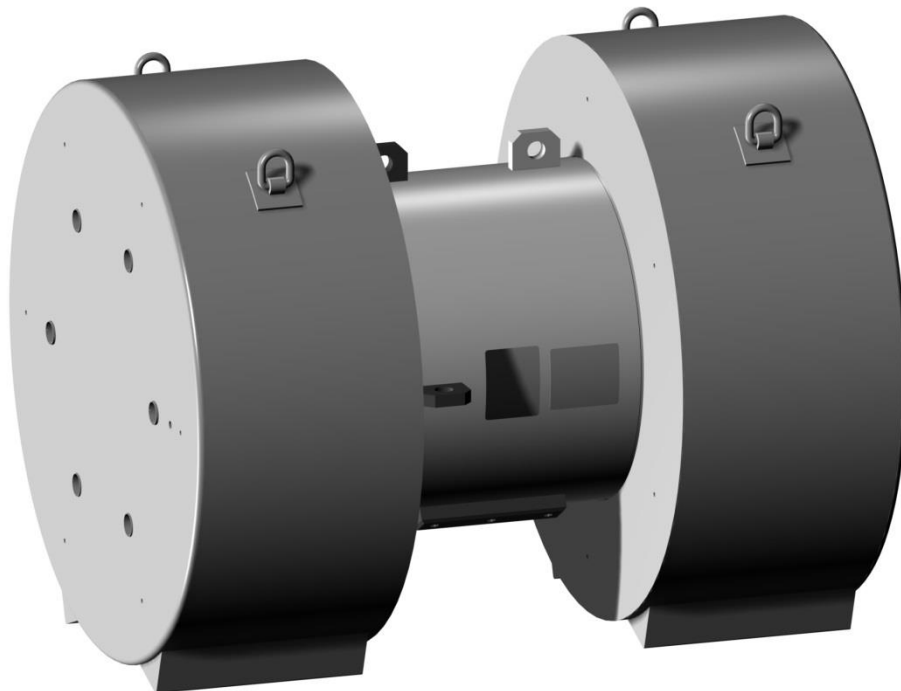
1. INTRODUCTION

L'objet de ce chapitre est de décrire les caractéristiques des performances du modèle de colis TN MW, destiné au transport de matière irradiée en tant que colis de type B(U) contenant des matières fissiles au regard de la réglementation <1>.

2. DESCRIPTION ET DEFINITIONS

2.1 Description du colis

De forme générale cylindrique, le modèle de colis TN MW est illustré sur la figure ci-dessous.



Les dimensions générales hors-tout du colis sont :

- Longueur = 2,4 m
- Diamètre externe = 1,9 m

Le colis TN MW est transportable par voie routière et/ou maritime et/ou ferroviaire (avec interdiction du triage à la bosse) avec un emballage en position horizontale dans un caisson.

La conception de l'emballage et son programme de maintenance permettent de prévenir les risques d'altérations de ses fonctions de sûretés dues au vieillissement.

2.2 Description de l'emballage

Les principaux composants de l'emballage sont :

- Un corps en acier inoxydable forgé comportant une cavité interne. Des oreilles soudées sur le corps (3 en tête et 1 en fond) formant les points de préhension pour la manutention. L'accès à la cavité est obturé par un couvercle vissé et équipé de joints.
- Un couvercle en acier inoxydable maintenu par des vis. Le couvercle comprend également un amortisseur permettant de limiter le choc du contenu sur le système de fermeture lors des épreuves de chute réglementaires des conditions normales et accidentelles de transport. Ce couvercle est muni de 2 orifices équipés d'un raccord rapide donnant accès à la cavité de l'emballage. Ils sont obturés par une tige vissée et équipée de joints.
- Deux capots amortisseurs (en tête et en fond) protégeant le couvercle et le fond de l'emballage contre les chocs des conditions normales et accidentelles de transport. Ces capots sont constitués d'un capotage en acier inoxydable, rempli de matériaux amortisseurs. Les capots sont emboîtés sur le corps de l'emballage et maintenus en place par des vis. Les capots sont également équipés d'une plaque épaisse anti-poinçonnement afin de protéger le couvercle lors des épreuves des conditions accidentelles de transport

2.3 Description du contenu

Le contenu IRE est constitué de résidus d'uranium enrichi irradié, conditionnés dans des canettes mises en place dans l'aménagement interne MW IRE de la cavité.

L'aménagement interne MW IRE est composé par les étuis MW IRE destinés à recevoir les canettes, les éventuels systèmes de calage des canettes dans les étuis et le panier MW IRE destiné à recevoir les étuis.

- L'étui MW IRE est un cylindre en acier inoxydable fermé par un fond et un bouchon.
- Le système de calage des canettes consiste en une ou plusieurs cales en acier inoxydable placées dans l'étui, permettant d'assurer un jeu entre les canettes et le bouchon de l'étui.
- Le panier MW IRE consiste en un ensemble de tubes en acier inoxydable formant des logements et un assemblage d'éléments en aluminium boré, emboîtés dans des galettes en aluminium. Des entretoises et des tirants en acier inoxydable permettent d'assurer la cohésion de l'ensemble.

Le contenu autorisé limite les paramètres importants pour la sûreté qui sont utilisés dans le dossier de sûreté ; en particulier :

- La géométrie et masse d'une canette.
- L'enrichissement maximal de la matière dans une canette.
- Le temps de refroidissement minimal de la matière dans une canette.
- La masse maximale d'uranium dans une canette.
- La puissance thermique maximale dégagée par la matière dans une canette.
- Le débit d'équivalent de dose proche des canettes.

2.4 Barrières d'étanchéité

L'emballage TN MW est constitué d'un corps épais dont l'ouverture est fermée par la barrière d'étanchéité décrite ci-après.

Corps épais

Le corps épais est constitué de la virole épaisse et d'un fond en acier forgé.

Barrière d'étanchéité

La barrière d'étanchéité est constituée par :

- le couvercle et son joint interne,
- les 2 tapes d'orifice et leur joint.

2.5 Enceinte de confinement

L'enceinte de confinement est constituée par le corps épais et la barrière d'étanchéité décrite au paragraphe 2.4.

2.6 Système d'isolement

Le système d'isolement est constitué par :

- la masse de métal lourd et l'enrichissement de la matière radioactive,
- l'aménagement interne,
- le corps épais et la barrière d'étanchéité décrits au paragraphe 2.4.

2.7 Bilan de masses

Le tableau ci-dessous présente les masses maximales du contenu et du colis TN MW en configuration de transport.

Elément	Masse (kg)
Masse maximale du contenu	1200
Masse maximale du colis autorisée au transport	11 800

La masse autorisée au transport est celle utilisée de façon générique dans les études de sûreté.

3. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MECANIQUE

3.1 Conditions de transport de routine

L'emballage est dimensionné pour être transporté par voie routière, maritime ou ferroviaire (avec interdiction du triage à la bosse).

Tenue aux accélérations

Le colis est conçu pour résister aux accélérations représentatives des conditions de transport de routine. Ces accélérations ne sont pas susceptibles d'engendrer des dommages au colis.

Tenue à la pression

Le corps épais, le couvercle et les tapes sont dimensionnés à une pression relative de 7 bars selon les règles de calcul du code ASME Division 1 Sous-section NB. Cette pression de dimensionnement est bien supérieure aux pressions pouvant être rencontrées en conditions réglementaires de transport.

La visserie du couvercle et des tapes résiste à une pression relative de 7 bars.

Les enceintes fermées composant les capots sont justifiées pour une pression de 0,04 bar relatif, compte tenu de la présence de soupapes de surpression tarées à cette pression, afin de résister aux différences de pression dues aux variations de pression atmosphérique et aux variations de température.

Arrimage et manutention

L'emballage est conçu pour être transporté horizontalement.

L'arrimage du colis est réalisé par le biais de sangles recouvrant la virole et par deux butées vissées sur le corps.

La manutention horizontale du colis est réalisée par les deux oreilles de manutention de l'emballage soudées sur le corps sur la génératrice 0°.

La manutention verticale du colis est réalisée par les deux oreilles de manutention de l'emballage soudées sur le corps sur les génératrices 90° et 270° ou par des anneaux de manutention mis en place dans les taraudages en tête de virole accueillant en transport les vis du capot amortisseur de tête.

La tenue des organes d'arrimage et de manutention est justifiée pour des chargements statiques ainsi qu'à la fatigue suite à des cycles de sollicitation. Le critère de dimensionnement retenu pour les chargements statiques correspond à la limite élastique (Re) du matériau considéré. La tenue des organes à la fatigue est assurée pour un nombre de cycles supérieur à 1.10^7 .

3.2 Conditions normales de transport

Les analyses de sûreté étudient l'épreuve de chute libre de 60 cm de hauteur compte-tenu de la masse du colis.

Les épreuves d'aspersion et de pénétration sont sans impact sur la sûreté du colis compte-tenu de la forme du colis, de la nature et des épaisseurs des matériaux du colis.

La forme du colis rend l'emballage non gerbable, l'épreuve de gerbage n'est pas considérée.

Endommagements

Suite à l'épreuve de chute libre des conditions normales de transport, l'amortisseur interne ne subit pas de dégradation significative.

L'effet des déformations des capots sur l'augmentation des débits d'équivalent de dose est étudié au paragraphe 6.2.

De plus, le comportement des capots amortisseurs et du panier en conditions normales de transport est couvert par leur comportement en conditions accidentelles de transport. Ceci permet de justifier le maintien de l'étanchéité de l'emballage et le maintien du système d'isolement à l'issue des épreuves des conditions normales de transport.

3.3 Conditions accidentelles de transport

L'ensemble des analyses de chute est réalisé en considérant une masse totale de colis de 11,8 tonnes.

Le corps épais et le couvercle sont constitués entièrement en acier inoxydable austénitique, le risque de rupture fragile à - 40°C dans le matériau est écarté du fait de sa non-fragilité.

Hypothèses importantes pour l'étude

Conformément à la réglementation pour les colis contenant des matières fissiles, le colis doit subir le cumul des épreuves de chutes des conditions normales et accidentelles de transport. Ce cumul est pris en compte en rehaussant de 60 cm la hauteur de chute libre de l'épreuve accidentelle (soit 9,6 m au lieu de 9 m).

En chute axiale et oblique sur tête, les calculs sont réalisés en considérant un impact différé du contenu sur le système de fermeture.

Ensemble des chutes étudiées

Toutes les configurations de chute libre de 9 m et de 1 mètre sur poinçon susceptibles de remettre en cause l'étanchéité de l'enveloppe de confinement, l'intégrité de la protection radiologique et thermique ainsi que toutes les configurations de chute libre de 9,6 m (cumul des chutes CNT et CAT) et de 1 mètre sur poinçon susceptibles de remettre en cause l'intégrité du système d'isolement du modèle de colis sont étudiées.

Les chutes retenues pour les démonstrations de sûreté ont pour objectifs de :

- solliciter les composants assurant la dissipation de la puissance thermique du colis ;
- solliciter les composants assurant la protection thermique du colis de manière à ce que l'épreuve de feu succédant aux chutes maximise la température des composants du colis ;
- solliciter les composants assurant la protection radiologique du colis ;
- solliciter l'enceinte de confinement de l'emballage ;
- solliciter le colis pour endommager les dispositifs assurant la sous-criticité du colis.

Méthode d'analyse

Les épreuves de chute de 9,6 m sont réalisées par simulations numériques à l'aide du logiciel de calcul dynamique LS-DYNA3D en considérant les caractéristiques des matériaux à -40 °C et aux températures maximales des conditions normales de transport.

Résultats de l'étude

Suite aux épreuves réglementaires des chutes en conditions accidentelles de transport, l'étanchéité du colis TN MW est conservée.

Il est vérifié que les sollicitations dans les composants du système de fermeture du colis permettent de garantir le maintien de l'étanchéité pour toutes les configurations de chute.

De plus, il est vérifié que :

- les chutes de 1 m sur poinçon ne sont pas susceptibles de remettre en cause l'étanchéité du colis par analyse avec des modèles de colis ayant réalisés des essais de chute sur maquette,
- le panier et les étuis maintiennent leur géométrie à l'issue du cumul des épreuves de chute des conditions normales et accidentelles de transport. Cette vérification est faite par calculs analytiques et numériques sur la base des sollicitations de chute obtenues par calculs numériques,

- les déformations dans les vis des capots permettent de garantir le maintien en place des capots et ainsi d'assurer leur rôle de protection thermique lors de l'épreuve de feu succédant aux épreuves de chutes libres.

4. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE

4.1 En conditions de transport de routine

Les températures atteintes par le colis en conditions de transport de routine sont couvertes par celles atteintes en conditions normales de transport.

4.2 En conditions normales de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

La caractéristique utilisée dans cette étude est la puissance maximale du contenu.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les principales caractéristiques de l'emballage influant sur les études thermiques sont :

- la virole en acier, son épaisseur.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le colis est transporté en position horizontale,
- la température extérieure est la température réglementaire de 38°C,
- l'ensoleillement réglementaire est appliqué de manière pénalisante 24h/24h,
- la cavité du colis est considérée de façon pénalisante remplie en argon.

Méthode d'analyse

L'analyse est réalisée à partir de modèles numériques à l'aide du logiciel I-DEAS interfacé avec le module TMG en 2 étapes :

- Etape 1 : un calcul 3D est réalisé afin de déterminer les températures maximales de l'emballage.
- Etape 2 : un modèle tranche du panier MW IRE et des étuis MW IRE est réalisé afin de déterminer les températures maximales de ces composants en considérant comme donnée d'entrée la température maximale de cavité issue du modèle de l'emballage.

Les principales hypothèses du modèle d'emballage sont :

- un demi-modèle est réalisé compte tenu de la symétrie du modèle d'emballage,
- la puissance thermique interne maximale est appliquée sur le couvercle et sur les parois de la cavité en partie supérieure.

Les principales hypothèses du modèle tranche de panier sont :

- 1/5 de modèle est réalisé compte tenu de la symétrie du modèle de panier,

- la température maximale de cavité déterminée à l'aide du modèle de l'emballage est appliquée comme conditions aux limites,
- les composants du panier et les étuis sont supposés centrés radialement dans la cavité de façon à maximiser la température du contenu,
- la puissance thermique maximale est répartie sur les 15 étuis.

Résultats de l'étude

Les températures maximales du colis sont utilisées dans les différentes parties du dossier de sûreté, notamment pour déterminer les caractéristiques mécaniques des composants pour l'analyse mécanique et pour déterminer la température des gaz de cavité pour l'analyse du confinement.

La température des composants sensibles à la température est compatible avec leur critère d'intégrité ; en particulier pour les joints d'étanchéité.

La dilatation du panier dans la cavité en conditions normales de transport est couverte par la dilatation du panier dans la cavité en conditions accidentelles de transport.

4.3 En conditions accidentelles de transport

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les calculs tiennent compte des endommagements suivants :

- l'écrasement des capots amortisseurs suite aux épreuves de chutes des conditions accidentelles de transport,
- un poinçonnement des capots.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- application d'une température ambiante de 800°C pendant 30 minutes autour du colis conformément à la réglementation,
- application d'une convection forcée pendant la phase de feu,
- le colis est considéré, de manière pénalisante, en position verticale durant la phase de refroidissement.

Méthode d'analyse

L'analyse est réalisée à partir d'un modèle numérique à l'aide du logiciel I-DEAS interfacé avec le module TMG.

Les principales hypothèses du modèle d'emballage sont :

- un demi-modèle est réalisé compte tenu de la symétrie du modèle d'emballage,
- la puissance thermique interne maximale est appliquée sur le couvercle et sur les parois de la cavité en partie supérieure,

- les conditions initiales avant feu sont celles des conditions normales de transport,
- le contenu n'est pas modélisé.

Résultats de l'étude

La température atteinte par les joints de confinement lors des conditions accidentelles de transport est inférieure à leur température limite de bon fonctionnement.

La température maximale des gaz de cavité est déterminée et utilisée dans l'analyse de confinement des conditions accidentelles de transport.

Enfin, la dilatation du panier dans la cavité n'est pas susceptible d'entraîner un frottement du panier.

5. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE CONFINEMENT

Les critères réglementaires de relâchement d'activité sont vérifiés par calcul analytique en suivant la méthodologie décrite dans la norme ISO 12807. Cette étude tient compte :

- des fuites de gaz radioactif,
- des fuites de particules aérosols radioactives.

Par nature, le contenu ne présente pas d'enjeu significatif lié à la production d'hydrogène. Néanmoins, les conditions d'exploitation de l'emballage présentent des dispositions de défense en profondeur.

5.1 Conditions de transport de routine

En Conditions de Transport de Routine, la pression d'utilisation normale maximale (MNOP) est inférieure à 700 kPa et à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

5.2 En conditions normales de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

L'étude est réalisée sur la base du spectre vieilli de la matière. Une durée de refroidissement conservatrice est considérée pour l'ensemble de la matière radioactive.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les principales caractéristiques utilisées sont les suivantes :

- le taux de fuite de la barrière d'étanchéité vérifié avant expédition,
- la pression de remplissage du colis,
- les températures des gaz et des joints.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- l'ensemble de la matière est susceptible de participer au relâchement d'activité dès les conditions normales de transport de manière pénalisante,
- la pression externe est de 0,6 bar compte tenu de la réglementation <1>,

- les calculs sont réalisés en considérant le gaz de remplissage le plus pénalisant entre l'air et l'hélium.

Méthode de calcul

Les calculs de relâchement sont réalisés avec le spectre vieilli de la matière.

Le colis étant mis à la pression atmosphérique à la fermeture, il n'y a pas d'entrée d'air durant la période de transport, il n'y a donc pas de remontée de pression à l'intérieur de la cavité.

Le relâchement d'activité est déterminé en considérant une chute de la pression atmosphérique à 0,6 bar.

Résultats de l'étude

Les résultats montrent une marge significative par rapport au critère réglementaire de 10^{-6} A₂/h.

Lors des conditions normales de transport, la pression maximale atteinte dans l'emballage est inférieure à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

5.3 En conditions accidentelles de transport

La différence principale avec le calcul en conditions normales de transport est la suivante :

- les températures des gaz et des joints.

Les résultats montrent une marge significative par rapport au critère réglementaire de 1 A₂ par semaine.

Lors des conditions accidentelles de transport, la pression maximale atteinte dans l'emballage est inférieure à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

6. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE DES DEBITS D'EQUIVALENT DE DOSE

Les critères retenus de débit d'équivalent de dose couvrant les conditions de transport sont les suivants :

- conditions de transport de routine (CTR) : 10 mSv/h au contact du colis, 2 mSv/h au contact du moyen de transport et 0,1 mSv/h à 2 m du moyen de transport,
- conditions normales de transport (CNT) : pas d'augmentation de plus de 20 % de l'intensité de rayonnement maximale sur toute surface externe du colis,
- conditions accidentelles de transport (CAT) : 10 mSv/h à 1 m du colis.

Ces critères correspondent à un envoi sous utilisation exclusive tels que définis dans la réglementation <1>.

6.1 En conditions de transport de routine

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Le contenu radioactif maximal est défini par un chargement de 30 canettes doublement chargées et de 30 canettes simplement chargées, associé à un plan de chargement ainsi que par les valeurs des débits d'équivalent de dose proche des canettes en radial mi-hauteur.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

La protection contre les rayonnements est assurée par la nature et l'épaisseur des matériaux de l'emballage.

Le blindage radial est principalement formé par :

- la virole épaisse en acier du corps,
- les tubes du panier formant les logements,
- les étuis,
- les canettes.

Le blindage axial en tête est principalement constitué par :

- la tête des étuis,
- le couvercle,
- la tôle inférieure support de serrage du capot de tête,
- la tôle anti-poinçonnement du capot de tête.

Le blindage axial en fond est principalement constitué par :

- le fond des étuis,
- le fond épais en acier du corps,
- la tôle inférieure support de serrage du capot de fond,
- la tôle anti-poinçonnement du capot de fond.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses sont les suivantes :

- la matière est contenue dans les canettes,
- les orifices du couvercle sont modélisés,
- seules les tôles des capots au contact du corps de l'emballage et les tôles anti-poinçonnement sont modélisées mais les points de mesure des débits d'équivalent de dose sont considérés à partir des extrémités des capots.

Méthode de calcul

Etape 1 :

Modélisation du contenu radioactif (matière contenue dans les canettes) permettant d'atteindre les débits d'équivalent de doses proche des canettes.

Etape 2 :

Sur la base de la modélisation du contenu défini à l'étape 1 (correspondant donc au contenu maximal autorisé), vérification du respect des débits d'équivalent de doses réglementaires.

Les calculs de débits d'équivalent de dose ont été menés à l'aide du code TRIPOLI 4.7 et la bibliothèque de section efficace CEA V5.

Les calculs de sources sont réalisés avec le module ORIGEN-ARP 5.1 du système SCALE 6.

Résultats de l'étude

Le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose en conditions de transport de routine est garanti par le contenu radioactif maximal prévu pour le colis.

6.2 En conditions normales de transport

Suite aux épreuves des conditions normales de transport, il n'y a pas de perte significative de blindage. Il n'y a donc pas d'augmentation notable des débits d'équivalent de dose à la surface du colis.

Hypothèses :

Les principales hypothèses sont les suivantes :

- l'écrasement des capots amortisseurs à l'issue de la chute libre de 0,6 m est pris en compte,
- le calage du contenu limite les mouvements de celui-ci dans la cavité.

Résultats :

Il est justifié que l'intensité de rayonnement maximale au contact du colis n'augmente pas de plus de 20 % à l'issue des épreuves réglementaires des conditions normales de transport.

6.3 En conditions accidentelles de transport

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les calculs tiennent compte des endommagements suivants :

- de manière pénalisante, les canettes sont considérées ruinées et ne participent plus au blindage,
- la matière est considérée directement dans les étuis,
- seules les tôles des capots au contact du corps de l'emballage et les tôles anti-poinçonnement sont modélisées et les points de mesure des débits d'équivalent de dose sont considérés à partir de ces tôles.

Résultats de l'étude

Il est justifié que le contenu radioactif maximal prévu pour le colis respecte le critère réglementaire de débit d'équivalent de dose à 1 m à l'issue du cumul des épreuves des conditions accidentelles de transport.

7. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SURETE-CRITICITE

Le système d'isolement est défini au paragraphe 2.6.

La sûreté-criticité doit être assurée, suivant la réglementation pour :

- le colis isolé en conditions de routine (c'est-à-dire tel que présenté au transport),
- le colis isolé en conditions normales de transport (c'est-à-dire résultant des épreuves des conditions normales de transport),

- le colis isolé en conditions accidentelles de transport (c'est-à-dire résultant du cumul des épreuves des conditions normales et conditions accidentelles de transport),
- l'agencement de 5 N colis (N étant le nombre permettant de définir la valeur du coefficient réglementaire – Criticality Safety Index CSI) en conditions normales de transport,
- l'agencement de 2 N colis en conditions accidentelles de transport.

Les critères de sous-criticité retenus sont les suivants :

- $k_{\text{eff}} \leq 0,950$ pour le colis isolé ; toutes incertitudes comprises,
- $k_{\text{eff}} \leq 0,980$ pour le colis en réseau ; toutes incertitudes comprises.

Les conditions de transport de routine et les conditions normales de transport sont couvertes par une seule configuration du colis en conditions accidentelles de transport qui considère une quantité illimitée d'eau dans le colis et la matière sous une forme pénalisante : $U_{\text{métal}}$.

7.1 Colis isolé

Paramètres du contenu importants pour l'étude

L'enrichissement et la masse d'uranium sont les principales caractéristiques de la matière importantes pour cette étude. La densité théorique maximale de l'uranium est considérée.

La masse d'uranium considérée dans chaque étui est cohérente avec le plan de chargement du contenu radioactif maximal.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les éléments de structure de l'emballage et de l'aménagement interne importants sont :

- la géométrie du panier et l'écartement entre les logements,
- la géométrie et le taux de bore des plats en aluminium boré du panier,
- le maintien des étuis pour le confinement de la matière.

Hypothèses importantes pour l'étude

- une quantité illimitée d'eau est considérée dans le colis,
- la géométrie de l'emballage et des aménagements internes (panier et étuis) n'est pas modifiée suite aux épreuves des conditions accidentelles de transport,
- la matière reste à l'intérieur de chacun des étuis et ne peut pas passer d'un logement à l'autre du panier,
- l'influence de la position relative des étuis dans les logements est étudiée.

Méthode de calcul

L'étude est réalisée avec le schéma de calcul APOLLO2-MORET4 (voie standard du formulaire de criticité CRISTAL V1.2) associé à la bibliothèque CEA93 V6.

La bibliothèque CEA93 V6 est une bibliothèque de sections efficaces et effectives à 172 groupes d'énergie des neutrons qui a été élaborée à partir de l'évaluation européenne de données nucléaires JEF2.2.

Un cas complémentaire est réalisée avec le code TRIPOLI-4.

TRIPOLI-4 est un code MONTE-CARLO 3D qui permet la simulation du transport de particules dans 3 dimensions. Ce code utilise les sections efficaces à énergie continue issues de la bibliothèque JEF2.2 et un minimum d'approximations physiques et de modélisation pour calculer le k_{eff} .

Résultats de l'étude

La réactivité maximale du colis obtenue avec une quantité d'eau illimitée est inférieure à 0,950.

Ainsi, la sous-criticité du colis isolé en transport est assurée à l'issue du cumul des épreuves des conditions normales et accidentelles de transport.

Par ailleurs, un cas complémentaire d'étude prenant en compte la vidange différentielle et la dispersion de matière est réalisé. La prise en compte de la vidange différentielle et de la dispersion de matière n'est pas susceptible de remettre en cause les conclusions de l'étude.

7.2 Réseau infini de colis

La modélisation du colis ainsi que la méthode de calcul sont reprises de l'étude du colis isolé en prenant en compte un réseau infini de colis.

La réactivité maximale obtenue pour un réseau infini de colis est inférieure à 0,980.

La sous-criticité du colis en réseau de colis est assurée à l'issue du cumul des épreuves des conditions normales et accidentelles de transport.

Par ailleurs, un cas complémentaire d'étude prenant en compte la vidange différentielle et la dispersion de matière est réalisé en réseau fini de colis. La prise en compte de la vidange différentielle et de la dispersion de matière n'est pas susceptible de remettre en cause les conclusions de l'étude.

Ainsi, l'indice de sûreté criticité vaut $CSI = 0$.

8. CONDITIONS D'UTILISATION

L'emballage est conçu pour être chargé et déchargé verticalement à sec.

Les analyses de sûreté décrites ci-avant nécessitent notamment d'exécuter les étapes, les vérifications et critères ci-dessous avant l'expédition du colis :

- la matière radioactive chargée doit respecter l'ensemble des caractéristiques techniques définies par le contenu autorisé, y compris le plan de chargement,
- le remplissage en hélium de la cavité,
- la bonne fermeture (couple de serrage des vis) et le niveau d'étanchéité (taux de fuite) de tous les composants constituant la barrière d'étanchéité,
- la mise en place des scellés,

- la vérification de la non-contamination de l'emballage en conformité avec les limites réglementaires,
- le contrôle du bon état général de l'emballage,
- le contrôle des débits d'équivalent de dose autour du colis en conformité avec les limites réglementaires,
- la mise en place de l'étiquetage réglementaire.

9. PROGRAMME D'ENTRETIEN PERIODIQUE

Le programme d'entretien prévu au cours de l'utilisation de l'emballage est défini en fonction de deux types de périodicités suivant les composants importants pour la sûreté : le nombre de cycles de transport réalisés et la durée d'utilisation.

Le programme d'entretien comprend notamment :

- le remplacement des joints des barrières d'étanchéité pour une durée compatible avec leurs durées de vie ;
- le contrôle de l'état des composants des systèmes vissés (barrière d'étanchéité et capots) afin de vérifier le maintien de leurs fonctions de sûreté ;
- le contrôle des oreilles assurant la manutention du colis.

Tout emballage présentant un ou des composants ne satisfaisant pas aux critères spécifiés dans le programme d'entretien est mis hors service jusqu'à ce que l'action corrective appropriée soit effectuée.

Tout composant devenu non conforme peut être réparé ou accepté en l'état si une analyse complémentaire démontre que cela ne remet pas en cause les conclusions du dossier de sûreté. Dans le cas contraire, le composant doit être remplacé.

10. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITE

Les réglementations de transport en vigueur à la date du présent document font obligation d'appliquer des programmes d'assurance de la qualité pour :

- la conception,
- la fabrication et les épreuves,
- l'utilisation,
- la maintenance,
- le transport

des colis de matières radioactives.

Ces activités sont réalisées par différents acteurs (concepteur, maître d'ouvrage, maître d'œuvre, constructeurs, utilisateurs, expéditeurs, transporteurs, sociétés de maintenance...) qui doivent tous établir des programmes d'assurance de la qualité adaptés à celles-ci, et produire et conserver les documents justificatifs (enregistrements) de leur activité.

11. REFERENCES

<1> Règlement de transport des matières radioactives, Agence Internationale de l’Energie Atomique – Prescriptions, SSR-6, Edition 2018.

Les règles de conception et d’épreuves de l’édition 2018 du Règlement de l’AIEA englobent celles des règlements applicables suivants :

- Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) ;
- Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID) ;
- Code maritime international des marchandises dangereuses (code IMDG de l’OMI) ;
- Arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (arrêté TMD) ;
- Arrêté du 23 novembre 1987 modifié relatif à la sécurité des navires, division 411 du règlement annexé (arrêté RSN).