

Orano NPS DOSSIER DE SURETE TN® Sparrow	Diffusion limitée Orano CHAPITRE 1.5			 orano
	Préparation	Date	Signature	
	Vérification	Date	Signature	
Identification :		DOS-23-0004053-006	Vers. 2.0	Page 1 / 11

PERFORMANCES DU COLIS

Sommaire

État des révisions	2
1. Introduction	3
2. Descriptions et définitions	3
3. Performances d'un point de vue mécanique	4
4. Performances d'un point de vue thermique	6
5. Performance d'un point de vue confinement	7
6. Performances du point de vue des débits d'équivalent de dose	8
7. Conditions d'utilisation	10
8. Programme d'entretien périodique	10
9. Programme d'assurance qualité	11
10. Références	11

État des révisions

Version	Date	Objet et historique des révisions	Préparé par / Vérifié par
1.0	31/01/2024	Création du document	- / -
2.0	Cf. 1 ^e page	Ajout de précision sur la description du contenu admissible (voir §2.3)	- / -

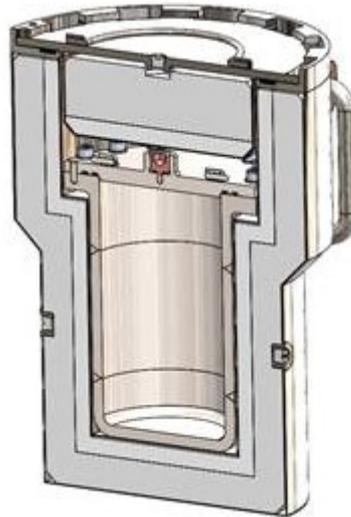
1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de décrire les caractéristiques des performances du modèle de colis TN[®]Sparrow, destiné au transport d'échantillons radioactifs sous forme solide, poudre ou liquide en tant que colis de type B(U) non fissile ou fissile excepté selon les réglementations en référence <1>.

2. Descriptions et définitions

2.1. Description du colis

De forme générale cylindrique, le modèle de colis TN[®]Sparrow est illustré sur la figure en coupe ci-dessous.



Les dimensions générales hors-tout du colis sont :

Hauteur nominale	394,5 mm
Diamètre nominal, en partie haute (sans les poignées)	290 mm
Diamètre nominal, en partie basse	240 mm

Le colis TN[®]Sparrow est transportable en position verticale par voie terrestre et/ou maritime et/ou aérienne.

2.2. Description de l'emballage

L'emballage est principalement constitué des trois sous-ensembles suivants :

- un emballage externe, constitué :
 - d'un corps composé d'un caisson en acier inoxydable, rempli d'une protection thermo-mécanique composée d'une mousse et d'un isolant, et muni d'un joint de propreté ;
 - et d'un bouchon composé d'un caisson en acier inoxydable, rempli d'une protection thermo-mécanique composée d'une mousse et d'un isolant, et muni d'un système baïonnette;
- d'un conteneur interne définissant l'enceinte de confinement de la matière radioactive, constitué :
 - d'un corps en acier inoxydable,
 - et d'un couvercle, en acier inoxydable et équipé de deux joints en élastomère, serré par des vis ;
- d'aménagements internes contenant la matière et permettant de caler le contenant dans la cavité du conteneur interne.

L'emballage ne présente pas d'aspérités externes, ce qui permet une décontamination aisée.

2.3. Description du contenu

Les contenus autorisés sont constitués d'échantillons de matières radioactives, en faible quantité, comme des pastilles de MOX frais par exemple. Ces échantillons peuvent être un mélange, ou une matière unique, d'uranium, de plutonium, de thorium, de curium, d'américium et de californium. Selon la quantité de matière d'américium à transporter, l'utilisation d'un insert métallique additionnel peut être nécessaire.

Les sources peuvent être scellées.

La matière, sous forme de solide, de poudre ou de liquide, peut être conditionnée dans des contenants en matière métallique ou organique en quantité limitée.

Un calage est assuré, si besoin, pour garantir un jeu réduit dans la cavité du conteneur interne entre le couvercle et le contenu.

2.4. Enceinte de confinement

L'enceinte de confinement du colis TN[®]Sparrow est assurée par le conteneur interne.

2.5. Système d'isolement

Sans objet, le contenu étant non fissile ou fissile excepté.

2.6. Bilan de masses

Le tableau ci-dessous présente les masses principales du colis et du contenu en configuration de transport :

Masse maximale du colis chargé	35 kg
--------------------------------	-------

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

2.7. Mécanismes de vieillissement

Il est vérifié que, de par leur conception, leur entretien périodique et leurs conditions d'utilisation, l'emballage et ses aménagements internes peuvent être utilisés pour une durée de 40 années depuis la mise en service.

3. Performances d'un point de vue mécanique

3.1. Conditions de transport de routine

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

Tenue de l'enceinte de confinement :

La tenue mécanique de l'enceinte de confinement en conditions de transport de routine est vérifiée à partir des données d'entrée suivantes :

- la géométrie et les matériaux des différents composants ;
- la température de chaque composant. Les valeurs de température considérées sont conservatives vis-à-vis de celles déterminées dans l'analyse thermique en conditions de transport de routine ;
- les accélérations réglementaires en conditions de transport de routine ;
- la pression interne de design et la pression dans la cavité du conteneur interne.

Le corps, le couvercle et le fond du conteneur interne sont dimensionnés à une pression enveloppe de 13 bars absolu. La tenue de l'assemblage vissé est également vérifiée.

Les jeux entre les différents composants sont suffisants pour éviter tout risque d'interaction mécanique en cas de dilatation thermique différentielle.

Tenue des organes de manutention et d'arrimage :

L'emballage est fait pour être transporté verticalement. L'arrimage est réalisé par le biais de sangles placées sur la bride supérieure de l'emballage TN®Sparrow.

La manutention du colis est réalisée par l'intermédiaire de deux poignées escamotables soudées sur le corps de l'emballage TN®Sparrow.

L'absence de risque de rupture liée à la fatigue est justifiée au regard des modes de sollicitations et des niveaux de contraintes.

3.2. Conditions normales de transport

Les valeurs de température considérées sont pénalisantes vis-à-vis de celles déterminées dans l'analyse thermique en conditions normales de transport.

Les analyses de sûreté étudiant l'épreuve réglementaire de chute libre de 1,2 m de hauteur (conditions normales de transport) sont couvertes pour l'emballage par les analyses de sûreté à l'issue des épreuves de chutes de 9 m des conditions accidentelles de transport. Ceci permet de justifier le maintien de l'étanchéité de l'enceinte de confinement.

Les endommagements sont évalués de manière pénalisante à partir de modèles analytiques simplifiés. L'effet des endommagements sur l'augmentation des débits d'équivalent de dose est étudié au paragraphe 6.2.

Les autres épreuves réglementaires (gerbage, aspersion et pénétration d'une barre) sont sans impact sur la sûreté du colis.

3.3. Conditions accidentelles de transport

Conformément à la réglementation pour les colis contenant des matières non fissiles ou fissiles exceptées, le colis n'a pas à subir le cumul des épreuves de chutes des conditions normales et accidentelles de transport. Aussi les épreuves de chute libre sont réalisées pour une hauteur initiale de 9 m.

Les analyses de chutes sont réalisées en considérant une masse totale de colis de 35 kg.

Méthodologie de démonstration :

La stratégie de démonstration retenue est de démontrer le maintien de l'étanchéité de l'enceinte de confinement de l'emballage au cours des chutes réglementaires, sur la plage de -40 °C aux températures maximales des conditions normales de transport, par essais de chutes sur prototypes représentatifs du modèle de colis.

Le risque de rupture fragile à -40°C dans les matériaux est écarté par l'utilisation d'acier inoxydable austénitiques ou duplex.

L'effet de l'impact différé est géré via des jeux limités.

Démarche :

Toutes les configurations possibles de chute libre de 9 mètres et de 1 mètre sur poinçon sont analysées, afin de sélectionner les cas de chutes pertinents à analyser et les méthodologies associées. De manière synthétique, il est retenu que :

- le maintien de l'étanchéité de l'enceinte de confinement est justifié par essais de chutes ;
- les endommagements maximums sont évalués à partir de modèles analytiques simplifiés.

Les effets des variations des propriétés des matériaux en fonction de la plage de température et du vieillissement sont pris en compte.

Résultats :

Suite aux épreuves réglementaires des chutes en conditions accidentelles de transport, l'étanchéité de l'enceinte de confinement est préservée pour toutes les configurations de chute.

Les endommagements maximaux sont pris en compte dans les analyses de sûreté.

Conclusion :

Les analyses montrent que l'emballage résiste aux différentes conditions d'épreuve de chutes sans subir de dommages susceptibles de nuire au confinement du contenu et à la capacité de protection thermique du colis.

De plus, la tenue de l'emballage lors d'une immersion sous 15 m d'eau pendant 8 h est également justifiée.

4. Performances d'un point de vue thermique

4.1. 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. Conditions normales de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

La puissance thermique est négligeable.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

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

- les endommagements affectant l'épaisseur de mousse du corps de l'emballage ;
- l'épaisseur du matériau isolant du corps de l'emballage.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le colis est transporté en position verticale ;
- les transferts thermiques se font par conduction, convection et rayonnement ;
- la température extérieure est la température réglementaire de 38°C ;
- l'ensoleillement réglementaire est appliqué suivant une périodicité 12h / 24h.

Méthode d'analyse

L'analyse est réalisée à partir de modèles numériques à l'aide du code ANSYS Workbench 2022 R2.

Les principales hypothèses du modèle d'emballage sont :

- modèle axisymétrique;
- puissance thermique du contenu nulle ;
- contenu non modélisé, réduisant ainsi l'inertie thermique de l'emballage ;
- reprise des hypothèses de modélisation connues de la mousse.

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 ;
- évaluer le risque de production d'hydrogène par thermolyse des matériaux organiques ;
- 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 du système d'étanchéité du conteneur interne.

4.3. Conditions accidentelles de transport

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

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

- les endommagements affectant l'épaisseur de mousse du corps de l'emballage, prenant en compte le cumul pénalisant des épreuves réglementaires de chute libre de 9 m et de chute sur poinçon ;
- les effets de la pyrolyse de la mousse ;
- l'épaisseur du matériau isolant du corps de l'emballage.

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 de 10 W/m²/K, recommandée par la réglementation ;
- l'émissivité des flammes est de 0,9 et l'absorptivité des surfaces externes de 0,8, conformément à la réglementation ;
- après feu, la température réglementaire de 38°C est appliquée et l'ensoleillement est conforme à la réglementation.

Méthode d'analyse

L'analyse est réalisée à partir de modèles numériques à l'aide du code ANSYS Workbench 2022 R2.

Les principales hypothèses du modèle d'emballage sont :

- modèle axisymétrique ;
- puissance thermique du contenu nulle ;
- contenu non modélisé, réduisant ainsi l'inertie thermique de l'emballage ;
- reprise des hypothèses de modélisation connues de la mousse et du tissu isolant ;
- reprise des hypothèses de modélisation connues, simulant les effets de gaz de pyrolyse ;
- suppression des jeux entre les composants ;
- colis en position verticale durant la phase de refroidissement.

Résultats de l'étude

Les températures maximales du colis sont utilisées dans les différentes parties du dossier de sûreté, notamment pour :

- évaluer le risque de production d'hydrogène par thermolyse des matériaux organiques ;
- 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 du système d'étanchéité du conteneur interne.

Par ailleurs, il est vérifié que la quantité d'hydrogène produite par les matières organiques reste inférieure au seuil d'explosivité de l'hydrogène.

5. Performance 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 particules aérosols radioactives.

5.1. En conditions de transport de routine

En conditions de transport de routine, la pression d'utilisation normale maximale (MNOP) dans l'enceinte de confinement est inférieure à 700 kPa et à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

5.2. En conditions normales de transport

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 nature du gaz de remplissage ;
- 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 ;
- la pression externe est de 0,6 bar compte tenu de la réglementation ;

Méthode de calcul

Le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité est garanti en limitant les activités maximales admissibles des aérosols.

La vérification est faite suivant la méthodologie suivante, en considérant les aménagements internes non étanches :

- calcul du débit de fuite lié au différentiel de pression entre la cavité du conteneur interne et l'extérieur aux températures maximales des conditions normales de transport à partir du taux de fuite garanti avant expédition ;
- calcul du relâchement d'activité liés aux aérosols.

Résultats de l'étude

La pression maximale (MNOP) atteinte dans l'enceinte de confinement est inférieure à 700 kPa et à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

Le contenu autorisé permet de garantir que le relâchement d'activité du colis reste inférieur au critère réglementaire de 10^{-6} A₂/h.

5.3. En conditions accidentelles de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les paramètres et hypothèses importants pour l'analyse en conditions accidentelles sont identiques à ceux utilisés en conditions normales de transport.

Résultats de l'étude

La pression maximale (MNOP) atteinte dans l'enceinte de confinement est inférieure à la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement.

Le contenu autorisé permet de garantir que le relâchement d'activité du colis reste inférieur au critère réglementaire de 1 A₂/semaine.

6. Performances du point de vue des débits d'équivalent de dose

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

- conditions de transport de routine, le débit de dose ne doit pas dépasser :
 - 2 mSv/h au contact du colis ;
 - 0,1 mSv/h à 2 m du colis.
- conditions normales de transport : pas d'augmentation de plus de 20% du débit de dose maximum sur toute surface externe du colis ;
- conditions accidentelles de transport : le débit de dose ne doit pas dépasser 10 mSv/h à 1 m du colis.

6.1. Conditions de transport de routine

Paramètres du contenu important pour l'étude

Les sources de rayonnement du contenu radioactif sont limitées par la définition d'un système d'inéquations présenté dans la définition du contenu.

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 principalement formé par l'épaisseur d'acier du conteneur interne.

Hypothèses importantes pour l'étude

La modélisation de l'emballage est identique en conditions de routine, normales et accidentelles de transport.

Les principales hypothèses sont les suivantes :

- les aménagements internes ne sont pas modélisés, à l'exception de l'insert métallique additionnel pour l'américium ;
- la cavité de l'emballage est remplie d'air.

Méthode de calcul

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

Les calculs de débit de dose sont réalisés avec le code de calcul TRIPOLI 4.7 et la bibliothèque de sections efficaces CEA V5.

Résultat de l'étude

Le débit de dose pour un mélange de radionucléides est conforme aux critères réglementaires si l'inéquation suivante est vérifiée :

$$\sum_n \frac{m_n}{m_{max,n}} \leq 1$$

où :

- m_n : est la masse du radionucléide contenu dans le mélange ;
- $m_{max,n}$: est la masse maximale admissible du radionucléide conduisant au critère de débit de dose.

6.2. Conditions normales de transport

Les dommages consécutifs aux épreuves normales de transport sont évalués de manière analytique.

Résultats

Il est justifié que le débit de dose maximum au contact du colis n'augmente pas de plus de 20% à l'issue des épreuves réglementaires des conditions normales de transport.

6.3. Conditions accidentelles de transport

La méthodologie employée pour vérifier le respect des critères réglementaires en conditions accidentelles de transport est identique à celle présentée au §6.1, en tenant compte de l'endommagement du colis suite aux épreuves représentatives des conditions accidentelles de transport.

Résultats

Le débit de dose pour un mélange de radionucléides est conforme aux critères réglementaires si l'inéquation du paragraphe 6.1 est vérifiée.

7. Conditions d'utilisation

L'emballage est conçu pour être chargé, déchargé et être transporté à sec en position verticale.

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

- la matière radioactive chargée doit respecter l'ensemble des caractéristiques techniques définies pour les contenus autorisés ;
- l'emballage doit être en conformité avec les contrôles périodiques à effectuer ;
- le contrôle des différents éléments de l'emballage afin de vérifier que les éventuels défauts sont en conformité avec les prescriptions du chapitre du dossier de sûreté concernant les spécifications relatives à l'emballage ;
- le contrôle de l'absence de corps étranger non autorisé dans l'emballage ;
- la vérification de la bonne position et de la bonne fermeture de tous les composants constituant l'enveloppe de confinement ;
- la vérification de la présence éventuelle des éléments de calage du conteneur interne ;
- le contrôle des débits de dose autour du colis en conformité avec les limites réglementaires ;
- la vérification de la non-contamination de l'emballage en conformité avec les limites réglementaires ;
- la mesure des débits de dose à 1 m pour la détermination de l'indice de transport ;
- la vérification de la conformité réglementaire de l'étiquetage et du marquage des emballages ;
- l'arrimage des colis doit respecter les critères et les exigences du dossier de sûreté ;
- la vérification que le mode de transport est adapté à l'indice de transport et à l'activité du contenu.

8. Programme d'entretien périodique

Le programme d'entretien prévu au cours de l'utilisation de l'emballage est défini avec une périodicité de 6 ans ou de 60 cycles.

Le programme d'entretien comprend notamment :

- le remplacement des joints de l'enceinte de confinement pour une durée compatible avec leur durée de vie ;
- le contrôle de l'état des composants des systèmes vissés afin de vérifier le maintien de leurs fonctions de sûreté ;
- le contrôle et le remplacement le cas échéant des organes 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.

9. Programme d'assurance qualité

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.

10. Références

<1> Règlements applicables :

- Règlement de Transport des matières radioactives, Agence Internationale de l'Énergie Atomique – Prescriptions de sûreté particulières, n°SSR-6 (rev.1), édition de 2018
- Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR), édition applicable au 1^{er} janvier 2023 ;
- Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID), édition applicable au 1^{er} janvier 2023 ;
- Accord européen relatif au transport international de marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (ADN), édition applicable au 1^{er} janvier 2023 ;
- Code maritime international des marchandises dangereuses (code IMDG de l'Organisation Maritime Internationale), édition 2022 ;
- Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (IT-OACI), édition 2023-2024 ;
- 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) ;
- Règlement de l'Union Européenne (UE) No 965/2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes conformément au règlement (UE) No 2018/1139 du Parlement européen.