

**MODELE DE COLIS TYPE B :**

**R86**

**PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT**

**PARTIE 0**

**CHAPITRE 0.1 :**

**RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE**

**SOMMAIRE DU CHAPITRE**

1.	OBJET .....	3
2.	GLOSSAIRE .....	3
3.	GENERALITES .....	4
3.1.	Présentation générale du colis .....	4
3.2.	Présentation générale des matières .....	4
3.3.	Modes de transport.....	4
3.4.	Présentation générale de la structure du PDSR .....	4
4.	CONFORMITE AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES .....	5
5.	DESCRIPTION GENERALE DU COLIS .....	6
5.1.	Description de l'emballage.....	6
5.2.	Fonctions de sûreté .....	7
6.	DESCRIPTION GENERALE DES MATIERES RADIOACTIVES.....	8
7.	DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS INTERNES .....	9
8.	ANALYSES STRUCTURELLES .....	9
8.1.	Conditions de Transport de Routine (CTR) .....	9
8.2.	Conditions Normales de Transport (CNT) .....	10
8.3.	Conditions Accidentelles de Transport (CAT).....	11
9.	ANALYSES THERMIQUES .....	12
9.1.	Conditions de Transport de Routine et Normales (CTR & CNT) .....	12
9.2.	Conditions Accidentelles de Transport (CAT).....	13
10.	ANALYSES DU CONFINEMENT.....	13
11.	ANALYSES DE RADIOPROTECTION .....	14
12.	UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE.....	15
12.1.	Consignes d'utilisation .....	15
12.2.	Consignes de maintenance .....	16
13.	ASSURANCE DE LA QUALITE .....	16
14.	SOMMAIRE GENERAL DU PDSR .....	17

## 1. OBJET

L'objet de ce document est de :

- Fournir une description générale du modèle de colis R86 (l'emballage et ses contenus),
- Décrire la structure de l'analyse de sûreté du modèle de colis R86 (PDSR),
- Synthétiser les éléments importants de l'analyse de sûreté du modèle de colis R86.

Les réglementations applicables sont celles listées au chapitre 20 du PDSR : [ADR] et [SSR-6].

Les analyses de sûreté ont été établies en conformité avec ces réglementations ainsi qu'avec les recommandations de l'AIEA [SSG-26] et [SSG-66] d'une part, et de l'Autorité de Sûreté Nucléaire [ASN-7] d'autre part.

## 2. GLOSSAIRE

Les principaux acronymes et abréviations utilisés dans le dossier sont listés ci-après :

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire ( <i>autorité compétente française</i> )
CAT	Conditions Accidentelles de Transport ( <i>au sens des réglementations [ADR], [SSR-6]</i> )
CNPE	Centrale Nucléaire de Production d'Electricité
CNT	Conditions Normales de Transport ( <i>au sens des réglementations [ADR], [SSR-6]</i> )
CTR	Conditions de Transport de Routine ( <i>au sens des réglementations [ADR], [SSR-6]</i> )
INB	Installation Nucléaire de Base
PATRAM	Packaging and Transportation of Radioactive Material ( <i>international symposia</i> )
PDSR	Package Design Safety Report ( <i>Dossier de sûreté d'un modèle de colis</i> )
QSE	Qualité, Sûreté, Environnement
R&D	Recherche et Développement
R86	Numéro d'identification du modèle de colis de type B objet du présent PDSR ( <i>modèle de colis développé par ROBATEL Industries</i> )
REX	Retour d'Expérience
SLR	Standard Leakage Rate ( <i>flux de fuite dans les conditions normalisées en Pa.m<sup>3</sup>/s</i> )

### 3. GENERALITES

#### 3.1. Présentation générale du colis

Le modèle de colis R86 est un modèle de colis de type B(U) selon la réglementation des transports de matières radioactives (cf. [ADR] et [SSR-6]). Il est conçu pour le transport par route de déchets, pièces ou matériaux activés ou contaminés qui sont des matières radioactives non fissiles ou fissiles exceptées au sens de la réglementation.

Le modèle de colis R86 fait donc l'objet d'une demande d'agrément auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). La conception de ce modèle est définie par le dossier de sûreté (PDSR) déposé auprès de l'ASN à l'appui de la demande d'agrément.

Le modèle de colis R86 est développé par ROBATEL Industries.

#### 3.2. Présentation générale des matières

Les matières transportées appartiennent à la **classe 7** du classement des marchandises dangereuses : « Matières radioactives ».

Le numéro d'identification des matières transportées suivant le classement de l'ONU est :

- **2916 : MATIERES RADIOACTIVES EN COLIS DE TYPE B(U), non fissiles ou fissiles exceptées**

Ce sont essentiellement des déchets, pièces ou éléments issus de structures métalliques activées et contaminées. Ces matières peuvent par exemple provenir de l'exploitation ou des opérations de démantèlement de laboratoires, d'INB ou de CNPE (cf. §6). Ces matières ne présentent pas d'autres risques que ceux afférents à la classe 7.

#### 3.3. Modes de transport

- Le colis R86 est transporté par **route** [ADR].
- Le colis R86 est transporté sous **utilisation exclusive**.

#### 3.4. Présentation générale de la structure du PDSR

Le dossier de sûreté (PDSR), à l'appui de la demande d'agrément pour le modèle de colis R86, compile l'ensemble des analyses de sûreté relatives au modèle de colis R86 conformément aux prescriptions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire [ASN-7] en se structurant suivant les instructions de l'AIEA [SSG-66] et du guide Européen PDSR (cf. « *Sommaire général du PDSR* » présenté au §14). D'une manière générale :

La partie 0 du PDSR est une introduction du dossier qui présente :

- Un résumé du dossier de sûreté
- Le sommaire général du dossier de sûreté
- L'historique des modifications du dossier de sûreté

La partie 1 du PDSR regroupe l'ensemble des informations générales relatives au modèle de colis, en particulier :

- Les informations administratives relatives au modèle de colis
- Les descriptions des contenus pouvant être transportés à l'aide de l'emballage
- La définition de l'emballage
- L'analyse des effets potentiels du vieillissement sur le colis

**CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. A)**

- Une synthèse des caractéristiques de performance du colis
- L'analyse de conformité du modèle de colis aux exigences réglementaires
- Les consignes d'exploitation du modèle de colis
- Les consignes de maintenance du modèle de colis
- Le programme d'analyse des écarts potentiels du modèle de colis au cours de sa durée de vie
- Le système de management de la qualité applicable au modèle de colis
- Des illustrations du modèle de colis

La partie 2 du PDSR regroupe l'ensemble des analyses et justification techniques relatives au modèle de colis, en particulier :

- Les analyses structurelles :
  - *Analyses mécaniques de la résistance de l'emballage en conditions de transport de routine (CTR : manutentions, arrimage, tenue à la pression...)*
  - *Analyses mécaniques de la résistance de l'emballage aux épreuves réglementaires en conditions normales et accidentelles de transport (CNT et CAT)*
- Les analyses thermiques :
  - *Analyses du comportement thermique de l'emballage en conditions de transport de routine, normales et accidentelles (CTR, CNT et CAT) (notamment : dissipation de la puissance des contenus transporté, ensoleillement et résistance à l'incendie)*
- Les analyses de confinement :
  - *Analyse des performances de l'emballage en termes de relâchement d'activité (en CTR, CNT et CAT)*
  - *Vérification du comportement des joints*
- Les analyses de radioprotection :
  - *Analyse des performances des protections biologiques de l'emballage (en CTR, CNT et CAT)*
- Les analyses de potentielles productions de gaz :
  - *Analyse des éventuels effets de radiolyse dans l'emballage (en CTR, CNT et CAT)*

La partie 3 du PDSR liste l'ensemble des documents de référence sur lesquels s'appuient le dossier de sûreté et les analyses de sûreté relatives au modèle de colis, en particulier :

- La liste des réglementations et guides réglementaires applicables ;
- La liste des plans et nomenclatures techniques relatifs au modèle de colis ;
- La liste des spécifications techniques relatives au modèle de colis ;
- La liste des notes et rapports techniques à l'appui des justifications de sûreté du PDSR. (*données techniques, calculs, rapports d'essais : mécaniques, thermiques, radioprotection, etc...*)

#### 4. CONFORMITE AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES

La démonstration de la conformité du modèle de colis R86 aux exigences et prescriptions réglementaires applicables liées au transport de matières radioactives ([ADR] et [SSR-6]) est apportée par l'ensemble des éléments constitutifs du dossier de sûreté du modèle de colis R86 (PDSR).

Par ailleurs, une matrice synthétique de conformité est également établie et présentée au chapitre 1.6 du PDSR.

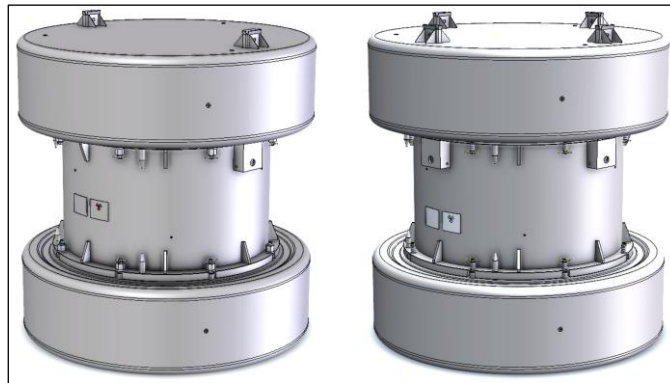
## 5. DESCRIPTION GENERALE DU COLIS

### 5.1. Description de l'emballage

Le modèle de colis R86 est de forme générale cylindrique transporté verticalement. La masse maximale du colis chargé est d'environ 24 t et ses dimensions extérieures sont de 2,4 m en hauteur pour un diamètre de 2,2 m environ.

Il y a plusieurs versions de l'emballage en fonction des fonctionnalités optionnelles dont il est équipé. Les options possibles par rapport à la version standard sont les suivantes :

- Option « C » : Redondance des organes de manutention de l'emballage (chapes x 2 → x 4)
- Option « W » : Système de vidange pour chargement/déchargement sous eau.



*Emballage R86 – Gauche : R86 (version standard) / Droite : R86.C (version avec option C)*

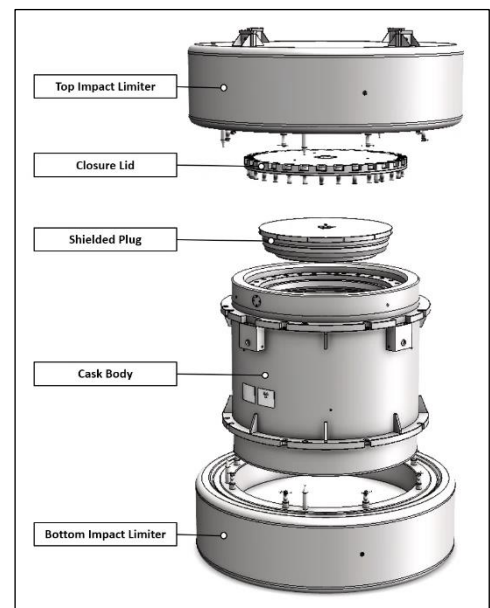
Quelle que soient les options retenues, l'emballage est constitué des principaux sous-ensembles décrits ci-après.

#### 5.1.1. Corps

Le corps de l'emballage se compose d'une enceinte interne et d'une enveloppe externe cylindriques en acier inoxydable entre lesquelles sont disposées des protections biologiques et thermiques (plomb et compound PNT7™). Ces deux enceintes sont soudées en partie supérieure à une bride massive en acier inoxydable.

#### 5.1.2. Bouchon blindé

Un bouchon blindé (structure en acier inoxydable contenant une protection biologique en plomb) permet d'obturer la cavité de l'emballage. Ce bouchon, équipé d'un joint, permet de protéger les opérateurs au cours de l'exploitation de l'emballage, en particulier lorsque le couvercle de fermeture décrit ci-après a été retiré (comme lors des phases de chargement/déchargement : protection vis-à-vis des risques expositions aux radiations ou de relâchement d'activité par exemple).



*R86.CW : Principaux composants*

#### 5.1.3. Couvercle

Un couvercle massif, en acier inoxydable, équipé de joints et fixé par vis, permet de fermer de manière étanche la cavité de l'emballage. Ce couvercle se positionne par-dessus le bouchon blindé décrit ci-

avant et assure les fonctions de sûreté pour le transport du colis (système de fermeture et confinement de l'activité).

#### 5.1.4. Capots amortisseurs

Le corps de l'emballage est équipé de deux capots fixés à chacune de ses deux extrémités. Ce sont des structures en acier inoxydable remplies de bois qui protègent l'emballage et ses fonctions de sûreté au cours du transport (notamment en cas d'accident).

#### 5.1.5. Éléments de manutention et arrimage

L'emballage est muni de deux chapes (ou quatre pour l'option C) diamétralement opposées, soudées sur le corps de l'emballage. Ces organes permettent de procéder à la fois au levage du colis et à son arrimage sur le moyen de transport.

- ➔ D'une manière générale, les principales fonctions de sûreté du modèle de colis R86 sont listées dans les paragraphes qui suivent.

## 5.2. Fonctions de sûreté

### 5.2.1. Enceinte de confinement et système de fermeture

L'enceinte de confinement de l'emballage est constituée par :

- L'enveloppe intérieure du corps du conteneur, enceinte mécano-soudée en acier inoxydable constituée :
  - De la virole interne,
  - Du fond de l'enceinte interne,
  - De la bride supérieure du corps,
- Le couvercle en acier inoxydable, fixé par 30 vis, et son joint intérieur (joint torique en EPDM),
- La tape centrale du couvercle (fixée par 6 vis) et de son joint intérieur (joint torique en EPDM),
- Et, pour l'option W : le bouchon d'étanchéité et son joint torique en EPDM vissé dans la face latérale de la bride supérieure (bouchon qui permet alors d'obturer l'orifice de vidange de la cavité de l'emballage).

### 5.2.2. Protection radiologique

La protection radiologique de l'emballage est essentiellement assurée par :

- Radialement :
  - La virole interne en acier inoxydable,
  - Une protection biologique en plomb,
  - La virole externe en acier inoxydable,
- Axialement, côté inférieur :
  - Le fond interne en acier inoxydable,
  - Une protection biologique en plomb,
  - Le fond externe en acier inoxydable,
  - Les structures en acier inoxydable du capot de protection inférieur.
- Axialement, côté supérieur :
  - Le bouchon blindé (acier inoxydable et plomb),
  - Le couvercle en acier inoxydable,
  - Les structures en acier inoxydable du capot de protection supérieur.

Le blindage de l'emballage peut par ailleurs être complété par les protections potentiellement apportées par les aménagements internes utilisés pour conditionner et charger les matières à transporter à l'aide de l'emballage.

### 5.2.3. Dissipation de la puissance interne

La dissipation de la puissance interne potentiellement générée par les contenus transportés dans l'emballage est essentiellement assurée par :

- Rayonnement entre les contenus et les parois de la cavité de l'emballage,
- Conduction dans le ciel de la cavité de l'emballage,
- Conduction dans le corps de l'emballage à travers ses différentes couches,
- Convection et rayonnement entre la surface externe du colis et l'air ambiant.

### 5.2.4. Protection contre les chocs

La protection contre les chocs est essentiellement assurée par :

- L'enveloppe externe en acier inoxydable du corps de l'emballage,
- Les capots amortisseurs fixés aux deux extrémités de l'emballage, constitués d'une enveloppe externe en acier inoxydable remplie de bois. Le capot supérieur inclut également un dispositif anti-poinçon en acier inoxydable protégeant les éléments sensibles de la face supérieure du corps de l'emballage (*système de fermeture notamment*).

### 5.2.5. Protection contre l'incendie

La protection contre l'incendie est essentiellement assurée par :

- La protection thermique en compound PNT7™ du corps de l'emballage,
- Les capots amortisseurs (dispositif anti-poinçon du capot supérieur en particulier qui protège la face supérieure du corps d'un contact direct avec les flammes).

## 6. DESCRIPTION GENERALE DES MATIERES RADIOACTIVES

L'emballage R86 est conçu pour transporter et entreposer divers éléments activés ou contaminés, essentiellement métalliques\* provenant par exemple d'opérations de démantèlement d'INB ou de CNPE ou de leur exploitation. Les éléments qui composent le contenu sont donc sous forme solide et peuvent être des pièces unitaires comme des éléments résultant de la découpe de structures de dimensions plus importantes.

Ces matières sont non-fissiles (ou fissiles exceptées) au sens de la réglementation des transports de matières radioactives et ne présentent pas de risques subsidiaires.

Les modes et conditions de chargement des matières dans l'emballage peuvent être adaptés selon les besoins et configurations requises en exploitation. Des aménagements internes adaptés sont alors définis en fonction pour permettre un colisage adéquat dans l'emballage (cf. §7).

Il est également possible de transporter des matières chargées en vrac dans l'emballage dans les limites et conditions spécifiées dans le PDSR et le certificat d'agrément.

\* La présence de faibles quantités de matériaux non métalliques parmi les éléments chargés est également autorisée dans la mesure où cela n'engendre pas de risque subsidiaire. Par exemple : possibilité de présence d'humidité (ou d'eau résiduelle), de matières plastiques ou de polymères en faibles quantités conformément aux limitations définies dans le PDSR et le certificat d'agrément.

L'emballage peut charger jusqu'à 2,25 tonnes dans sa cavité (masse incluant les matières elles-mêmes et l'ensemble des aménagements internes utilisés pour les conditionner).

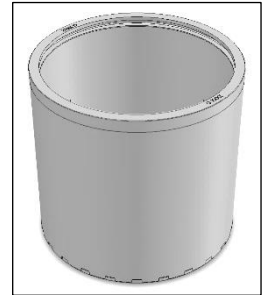


## 7. DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS INTERNES

Pour conditionner les contenus dans l'emballage R86, plusieurs types d'aménagements internes peuvent être utilisés selon la typologie des contenus ou les éventuels besoins et contraintes d'exploitation.

D'une manière générale, les matières transportées dans le R86 sont chargées dans un panier métallique qui est placé dans la cavité de l'emballage. Des calages complémentaires peuvent également être utilisés selon les besoins, dans les limites et conditions spécifiées par le PDSR.

*Exemple de panier R86 :*



## 8. ANALYSES STRUCTURELLES

Les analyses structurelles du modèle de colis R86 comprennent les démonstrations de la tenue mécanique du modèle de colis vis à vis des sollicitations induites :

- En conditions de transport de routine (*CRT : manutentions, arrimage, pression...*),
- En conditions normales de transport (*CNT : épreuve de pénétration, chute libre, aspersion d'eau...*),
- En conditions accidentelles de transport (*CAT : épreuve d'écrasement dynamique, chute libre, poinçonnement, épreuve d'immersion...*).

Ces analyses s'appuient sur des calculs mécaniques, des simulations numériques et le retour d'expérience.

D'une manière générale, l'ensemble des analyses mécaniques ont été menées en prenant en compte :

- Les propriétés mécaniques minimales des matériaux, garanties par les normes,
- Les conditions réglementaires en termes de pression et température ambiantes (-40°C à +38°C ; 60 kPa à 100 kPa),
- Les températures maximales atteintes par les composants de l'emballage compte tenu des conditions ambiantes réglementaires, des conditions réglementaires d'ensoleillement et des performances de dissipation de la chaleur dégagée par les contenus.

### 8.1. Conditions de Transport de Routine (CTR)

#### 8.1.1. Tenue mécanique des organes de manutention

La résistance des organes de manutention du modèle de colis R86 a été vérifiée :

- Vis-à-vis des sollicitations maximales potentiellement induites par les opérations de *levage* (en prenant en compte les effets dynamiques tel que le levage à « l'arraché ») ;
- Vis-à-vis des phénomènes de fatigue induits par les cycles de manutentions.

Ces analyses ont démontré la tenue mécanique des organes de manutention de l'emballage sans restriction sur sa durée de service.

#### 8.1.2. Tenue mécanique des organes d'arrimage

L'emballage R86 est arrimé verticalement sur le moyen de transport à l'aide de moyens d'arrimage adaptés. Calé horizontalement au niveau de son capot inférieur, il est sécurisé sur le convoi à l'aide de 4 lignes d'arrimage en prise sur ses chapes latérales. La résistance de l'emballage et de ses organes d'arrimage dans les conditions réglementaires de transport de routine a été vérifiée :

- Vis-à-vis des sollicitations maximales préconisées par les réglementations du transport ;

**CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. A)**

- Vis-à-vis des phénomènes de fatigue induits par les cycles de transports et les phénomènes vibratoires.

Ces analyses ont démontré la tenue mécanique et le maintien des performances de l'emballage sans restriction sur sa durée de service.

### 8.1.3. Tenue mécanique de l'enceinte de confinement

La résistance de l'enceinte de confinement de l'emballage a été vérifiée vis-à-vis des sollicitations maximales potentiellement rencontrées en conditions de transport de routine (effets des éventuelles différences de pressions interne/externe notamment).

Ces analyses ont démontré la tenue mécanique de l'enceinte de confinement de l'emballage et de son système de fermeture en conditions de transport de routine.

*Nota : L'enceinte de confinement et son système de fermeture sont par ailleurs dimensionnés pour résister aux sollicitations induites par les conditions normales et accidentelles de transport (cf. § ci-après).*

## 8.2. Conditions Normales de Transport (CNT)

### 8.2.1. Epreuve de gerbage

Compte tenu de la géométrie de son capot supérieur, l'emballage R86 équipé de ses capots ne peut physiquement pas être gerbé ; cela n'est d'ailleurs pas autorisé. Cependant, même s'il n'est formellement pas concerné, il a tout de même été vérifié que d'un point de vue mécanique, le colis pourrait résister à l'épreuve réglementaire de gerbage sans que cela nuise à ses fonctions de sûreté.

### 8.2.2. Epreuve d'aspersion d'eau

Cette épreuve (consistant à soumettre le colis à une aspersion d'eau simulant l'exposition à un débit de précipitation d'environ 5 cm/h pendant au moins 1 heure), compte tenu de la conception de l'emballage R86 (emballage de forme cylindrique en acier inoxydable fermé de manière étanche par un couvercle muni de joints toriques en EPDM), est sans effet sur l'emballage et sur ses performances de sûreté.

### 8.2.3. Epreuve de pénétration

Cette épreuve (consistant à laisser tomber une barre d'acier de 6 kg à bout hémisphérique d'une hauteur de 1 m sur le colis), compte tenu de la conception de l'emballage (géométrie, nature et épaisseurs des matériaux), est sans effet sur l'emballage et sur ses performances de sûreté.

*Nota : L'enceinte de confinement est par ailleurs dimensionnée pour résister aux sollicitations induites par les conditions accidentelles de transport sans que cela ne dégrade son niveau d'étanchéité, en particulier vis-à-vis de l'épreuve de poinçonnement qui est bien plus sévère que l'épreuve de pénétration (cf. § ci-après).*

### 8.2.4. Epreuve de chute libre de 0.3 m

Compte tenu de la masse du colis R86 (> 15 t), il doit résister à une épreuve réglementaire de chute libre d'une hauteur de 0.3 m sur cible indéformable. Cela a été justifié par calculs et retours d'expérience issus d'essais. Lors d'une telle épreuve :

- Le niveau d'étanchéité de l'enceinte de confinement n'est pas dégradé.
- Les protections biologiques de l'emballage ne sont pas endommagées.

L'emballage R86 résiste donc à l'épreuve de chute libre de CNT sans remettre en cause ses performances de sûreté (confinement et radioprotection en particulier) ni ses capacités à résister ensuite aux épreuves réglementaires de CAT.

### 8.3. Conditions Accidentelles de Transport (CAT)

#### 8.3.1. Epreuve d'écrasement dynamique

Cette épreuve (consistant en une chute de 9.0 m d'une plaque horizontale de 500 kg en acier sur l'emballage) n'est pas requise pour le modèle de colis R86 car sa masse est supérieure à 500 kg.

#### 8.3.2. Epreuve de chute libre de 9.0 m / Epreuve de poinçonnement de 1.0 m

Le modèle de colis R86, conformément aux exigences réglementaires, résiste au cumul des dommages induits par :

- L'épreuve de chute libre de CAT (9.0 m)
- L'épreuve de poinçonnement de CAT  
(chute d'une hauteur d'1 m de l'emballage sur une barre cylindrique en acier de 150 mm de diamètre)

Cela a été démontré en s'appuyant sur les retours d'expérience issus d'essais et des simulations numériques de chutes.

Le but de ces analyses a été d'évaluer les dommages potentiellement subis et leurs incidences éventuelles, en particulier en ce qui concerne :

- Le comportement des capots amortisseur,
- Les niveaux de décélérations subies par l'emballage,
- La résistance du système de fermeture,
- Le niveau d'étanchéité du système de fermeture,
- Les endommagements de protections thermiques et biologiques.

Ces analyses ont ainsi démontré que :

- Les capots amortisseurs permettent d'absorber les chocs de manière satisfaisante, protégeant ainsi de manière efficace le système de fermeture (vis-à-vis des efforts transmis comme des risques de poinçonnement) ;
- Les capots amortisseurs demeurent solidaires du corps de l'emballage garantissant ainsi le maintien de la protection des éléments de sûreté vis-à-vis de l'épreuve d'incendie réglementaire de CAT ;
- Le système de fermeture résiste aux sollicitations sans subir d'endommagement significatif ;
- L'enceinte de confinement demeure intègre sans dégradation de son étanchéité ce qui garantit donc le maintien de ses performances en termes de relâchement (cf. §10) ;
- Les dommages subis par les protections thermiques (PNT7™) et biologiques (plomb) sont limités localement à la zone du corps impactée par le poinçon et ne remettent pas en cause les capacités du colis à résister à l'épreuve d'incendie réglementaire de CAT (successive aux épreuves mécaniques) ou à assurer la protection radiologique requise après CAT (cf. §11).

#### 8.3.3. Epreuve d'immersion

Compte tenu de l'activité maximale transportée ( $< 10^5$  A2), le colis R86 doit résister à l'épreuve réglementaire d'immersion consistant à soumettre le colis à une pression statique extérieure de 150 kPa (correspondant à une immersion sous 15 m d'eau pendant au moins 1 heure).

Il a été démontré par calculs que cette épreuve, du fait de la conception de l'emballage, est sans effet sur le colis R86 ou sur ses performances de sûreté.

## 9. ANALYSES THERMIQUES

Les analyses thermiques du modèle de colis R86 comprennent les évaluations du comportement thermique du colis et les démonstrations de ses performances de sûreté, notamment :

- Vérification des capacités du colis à dissiper la puissance interne des contenus transportés ;
- Evaluation des températures maximales atteintes par les éléments de sûreté du colis en CTR ;
- Analyse des incidences de l'épreuve d'incendie réglementaire de CAT en termes de :
  - Températures maximales atteintes par les éléments de sûreté du colis, *(joints et protection biologique principalement)*
  - Dommages subis par le colis.

Ces analyses ont été réalisées par calculs analytiques et simulations numériques par éléments finis.

D'une manière générale, l'ensemble des analyses thermiques ont été menées en prenant en compte :

- La puissance thermique maximale admissible dégagée par les contenus ;
- Les conditions réglementaires en CTR en termes de température ambiante (+38°C) ;
- Les conditions réglementaires en CTR en termes d'ensoleillement *(suivant spécifications de l'AIEA)* ;
- Les conditions réglementaires en CAT *(feu de 800°C pendant ½ heure suivant spécifications de l'AIEA)*.

### 9.1. Conditions de Transport de Routine et Normales (CTR & CNT)

Les analyses ont démontré que les températures maximales atteintes en conditions de transport de routine (CTR) par l'emballage sont compatibles :

- Avec les plages de fonctionnement de ses composants et matériaux constitutifs (notamment en ce qui concerne ses joints de confinement),
- Avec les contenus transportés.

Elles montrent qu'en l'absence d'ensoleillement, la température maximale des surfaces du colis accessibles lors de son transport peut légèrement dépasser 50°C mais n'excède pas 60°C : le cas échéant, lors du transport du colis (réalisé sous utilisation exclusive), les dispositions requises doivent alors être prises conformément aux prescriptions réglementaires.

En conditions normales de transport (CNT), les endommagements potentiellement subis par le colis n'ont aucun impact sur son comportement thermique.

Les températures maximales déterminées en CTR/CNT ont été par ailleurs prises en compte dans l'ensemble des analyses de sûreté potentiellement impactées, en particulier :

- Analyses structurelles : propriétés mécaniques des matériaux et pression interne ;
- Analyse du confinement : pression interne et effets de la température sur les joints (plage de fonctionnement, expansion thermique...) ;
- Analyse thermique en CAT : températures initiales avant que le colis ne soit soumis à l'épreuve d'incendie (cf. § suivant).

En CTR/CNT, l'intégrité des composants du modèle de colis R86 est donc démontrée ce qui garantit ses performances de sûreté.

## 9.2. Conditions Accidentelles de Transport (CAT)

Ces analyses ont été réalisées par simulations numériques à l'aide de modèles par éléments finis en prenant en compte :

- Les températures maximales issues des évaluations thermiques en CTR/CNT comme conditions initiales avant incendie ;
- Des endommagements enveloppes résultant du cumul des épreuves mécaniques réglementaires de CNT et CAT (cf. § ci-avant), notamment au niveau des capots amortisseurs et de l'impact du poinçon ;
- Les conditions réglementaires d'incendie : feu enveloppant d'une durée ½ heure avec un pouvoir émissif de 0.9 et une température de flammes de 800°C ;
- Un coefficient d'absorptivité de 0.8 pour les surfaces externes de l'emballage ;
- Une convection forcée pendant l'incendie au niveau des surfaces externes du colis (10 W/m<sup>2</sup> suivant préconisations de l'AIEA) ;
- Le refroidissement naturel du colis après arrêt de l'incendie jusqu'à équilibre thermique (convection naturelle, pas de refroidissement artificiel et maintien de l'ensoleillement réglementaire).

Elles ont ainsi démontré :

- Que la protection thermique en compound PNT7™ de l'emballage assure, après avoir subi les endommagements issus des épreuves mécaniques de CAT, le maintien de ses performances vis-à-vis de la protection contre l'incendie,
- Que les températures maximales atteintes par l'emballage en conditions accidentelles de transport (CAT) sont compatibles avec les plages de fonctionnement de ses composants et matériaux constitutifs (notamment en ce qui concerne ses joints de confinement).

Les températures maximales déterminées en CAT ont été par ailleurs prises en compte dans les analyses de confinement : pression interne et effets de la température sur les joints (plage de fonctionnement, expansion thermique...).

En CAT, le bon comportement du modèle de colis R86 vis-à-vis de l'incendie est donc démontré ce qui garantit le maintien de ses performances de sûreté en adéquation avec les exigences réglementaires.

## 10. ANALYSES DU CONFINEMENT

Les analyses du confinement du modèle de colis R86 comprennent :

- La vérification du comportement des joints de confinement de l'emballage ;
- La vérification de la conformité du colis vis-à-vis des exigences réglementaires en termes de relâchement maximal d'activité en CTR/CNT ;
- La vérification de la conformité du colis vis-à-vis des exigences réglementaires en termes de relâchement maximal d'activité en CAT.

Ces analyses ont été réalisées par calculs analytiques. D'une manière générale, l'ensemble des analyses de relâchement ont été menées en prenant en compte :

- Des données et hypothèses enveloppes concernant les propriétés radiologiques du contenu ;
- Les températures maximales issues des analyses thermiques (en CTR/CNT et en CAT) ;
- Les conditions d'utilisation de l'emballage (conditions de fermeture de la cavité, niveaux de contrôle des étanchéités, etc...) ;
- Les pressions internes maximales issues de l'échauffement des gaz dans la cavité ;

**CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. A)**

- Une pression externe de 60 kPa (suivant spécifications de l'AIEA) ;
- Les critères réglementaires de relâchements maximums d'activité hors de l'enceinte de confinement (en CTR/CNT et en CAT suivant spécifications de l'AIEA).

Les analyses structurales et thermiques ont démontré que l'enceinte de confinement du colis R86 conserve son niveau d'étanchéité que ce soit en conditions de transport de routine, en conditions normales de transport ou en conditions accidentelles de transport (pas de dégradation de l'étanchéité entre les CTR, CNT et CAT).

Les analyses de confinement ont alors démontré que le colis R86, chargé de son contenu enveloppe et contrôlé avant transport suivant les spécifications de son dossier de sûreté, respecte les exigences réglementaires en termes de relâchement maximal d'activité :

- En CTR et CNT : ..... ≤  $10^{-6}$  A2 / heure
- En CAT : ..... ≤ 1 A2 sur 1 semaine.

Les analyses du comportement des joints de confinement ont également démontré que leur montage garantit des taux de compression en adéquation avec leur plage d'utilisation ainsi que l'absence de risque d'extrusion hors de leur gorge (en CTR, CNT ou CAT).

## 11. ANALYSES DE RADIOPROTECTION

Les analyses de radioprotection du modèle de colis R86 comprennent :

- L'évaluation des intensités de rayonnement maximales en CTR/CNT ;
- L'évaluation des intensités de rayonnement maximales en CAT.

Ces analyses ont été réalisées à partir d'une modélisation tridimensionnelle du colis en utilisant le code de calcul SCALE.

D'une manière générale, l'ensemble des analyses de radioprotection a été mené en prenant en compte de manière conservatrice :

- Des propriétés radiologiques enveloppes de celles des contenus admissibles ;
- Les épaisseurs minimales des protections biologiques ;
- Les endommagements enveloppes résultant des épreuves mécaniques de CNT et CAT ;
- Les endommagements enveloppes résultant de l'épreuve d'incendie en CAT.

Ces analyses ont démontré que les intensités de rayonnement maximales autour du modèle de colis R86, chargé de son contenu maximal, quel qu'il soit, sont toujours inférieures aux niveaux ci-après\* :

- en CTR et CNT\*\* au contact du colis : ..... ≤ 10,0 mSv/h
- en CTR et CNT\*\* au contact du véhicule : ..... ≤ 2,0 mSv/h
- en CTR et CNT\*\* à 2 mètres des surfaces latérales verticales du véhicule : .... ≤ 0,1 mSv/h
- en CAT à 1 mètre des surfaces externes du colis : ..... ≤ 10,0 mSv/h

\* Rappel : le colis est transporté sous utilisation exclusive.

\*\* En CNT, les protections biologiques de l'emballage ne subissent aucun endommagement qui soit de nature à accroître les débits de dose au voisinage du colis.

Compte tenu de la conception de l'emballage et des limitations radiologiques relatives à ses contenus admissibles, le respect des critères réglementaires de débit de dose autour du colis R86 est donc garanti.

## 12. UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE

Le dossier de sûreté définit les principes essentiels selon lesquels l'emballage R86 doit être utilisé, entretenu et maintenu (manutentions, chargement/déchargement, transport, entreposage, contrôles et entretiens périodiques).

L'utilisation, l'entretien ou la maintenance de l'emballage doivent être effectués suivant des procédures conformes aux principes et instructions définis dans son dossier de sûreté.

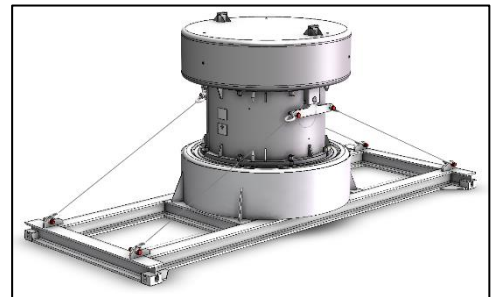
S'il ne satisfait pas aux spécifications et vérifications requises, l'emballage doit être mis hors service jusqu'à ce que l'action corrective appropriée ait été effectuée. Tout écart constaté affectant la sûreté doit être notifié à l'Autorité de Sûreté compétente conformément à ses exigences.

### 12.1. Consignes d'utilisation

Le modèle de colis R86 est conçu pour être :

- Chargé verticalement (à sec ou sous eau) ;
- Transporté ou entreposé verticalement (à sec) ;
- Puis déchargé verticalement (à sec ou sous eau).

Il est transporté par route, sous utilisation exclusive, et doit être arrimé sur le moyen de transport conformément aux dispositions définies dans le PDSR.



Le dossier de sûreté dresse la liste de l'ensemble des étapes de préparation, de contrôle et d'inspection que le colis doit subir en vue de son transport, notamment :

- Vérification que l'emballage a été utilisé et entretenu en conformité avec les spécifications du dossier de sûreté (*inspections et contrôles en exploitation, maintenances périodiques...*) ;
- Inspection de l'état général du colis (*propreté, lisibilité des marquages, absence de dégradation...*) ;
- Vérification de la conformité des contenus aux spécifications du dossier de sûreté et du certificat d'agrément en cours de validité (*nature, masses, propriétés radiologiques...*) ;
- Vérification de l'absence d'eau dans la cavité en conformité avec les exigences du dossier de sûreté le cas échéant (*suite aux opérations de vidange/séchage en cas de chargement sous eau*) ;
- Vérification de la fermeture de l'emballage en conformité avec les exigences du dossier de sûreté (*serrage des vis de fixation aux couples requis*) ;
- Vérification de l'étanchéité de l'emballage en conformité avec les exigences du dossier de sûreté (*contrôles des critères de flux de fuite*) ;
- Apposition du scellé réglementaire permettant de vérifier que l'emballage n'est pas ouvert non intentionnellement au cours du transport ;
- Neutralisation des organes de manutention du capot supérieur de l'emballage ;
- Vérification des niveaux de contamination des surfaces externes du colis/convoi conformément aux exigences réglementaires ;
- Vérification des intensités de rayonnement autour du colis/convoi conformément aux exigences réglementaires et aux instructions du dossier de sûreté ;
- Vérification de la température des surfaces externes du colis facilement accessibles pendant le transport conformément aux exigences réglementaires ;
- Vérification des étiquetages, marquages et documentations relatifs au colis/convoi en conformité avec les prescriptions réglementaires ;
- Vérification de l'arrimage en conformité avec les instructions du dossier de sûreté.

### **12.2. Consignes de maintenance**

L'emballage R86 doit être entretenu conformément aux dispositions figurant au dossier de sûreté. En fonction de l'importance pour la sûreté des différents composants de l'emballage, des consignes particulières relatives aux inspections et entretiens nécessaires y sont spécifiées (inspections, contrôles, tests et/ou remplacements selon le cas). Il est notamment requis de procéder périodiquement à ces opérations de maintenance (en fonction de la durée d'utilisation de l'emballage et du nombre de cycles de transports qu'il a effectués).

## **13. ASSURANCE DE LA QUALITE**

Le dossier de sûreté décrit et définit les principaux principes d'assurance de la qualité qui doivent être mis en œuvre pour assurer la conformité :

- Du modèle de colis R86 aux prescriptions réglementaires ;
- Des exemplaires de l'emballage R86 au modèle de colis défini par le dossier de sûreté ;
- De l'utilisation des exemplaires de l'emballage R86 aux spécifications du dossier de sûreté ;
- Des transports des exemplaires de l'emballage R86 aux prescriptions réglementaires.

Ces principes d'assurance de la qualité concernent et s'appliquent à toute activité en lien avec l'emballage R86 (conception, fabrication, mise en service, tests, contrôles, exploitation, transport, entreposage, entretien et maintenance des emballages).

Les différents acteurs en charge d'opérations afférentes aux emballages R86 doivent donc se conformer à ces principes et établir, selon les périmètres de leurs activités, l'ensemble des documents de suivi qualité permettant de garantir que c'est effectivement le cas (programmes, procédures, rapports et enregistrements qualité notamment).



## 14. SOMMAIRE GENERAL DU PDSR

<b>PARTIE 0 :</b>		<b>STRUCTURE GENERALE DU DOSSIER DE SURETE</b>
Chapitre 0.1	Résumé et sommaire général du dossier de sûreté.....	A
Chapitre 0.2	Historique des modifications.....	A
<b>PARTIE 1 :</b>		<b>INFORMATIONS GENERALES RELATIVES AU MODELE DE COLIS</b>
Chapitre 1.1 :	Informations administratives.....	A
Chapitre 1.2 :	Description des contenus.....	A
Chapitre 1.3 :	Définition de l'emballage.....	A
Chapitre 1.4	Effets du vieillissement.....	A
Chapitre 1.5 :	Caractéristiques de performances du colis.....	A
Chapitre 1.6 :	Conformité aux exigences réglementaires.....	A
Chapitre 1.7 :	Consignes d'exploitation.....	A
Chapitre 1.8 :	Consignes de maintenance.....	A
Chapitre 1.9 :	Programme d'analyse des écarts.....	A
Chapitre 1.10 :	Système de management de la qualité.....	A
Chapitre 1.11 :	Illustrations du modèle de colis.....	A
<b>PARTIE 2 :</b>		<b>JUSTIFICATIONS TECHNIQUES RELATIVES AU MODELE DE COLIS</b>
Chapitre 2.1 :	Analyses structurelles.....	A
Chapitre 2.2 :	Analyses thermiques.....	A
Chapitre 2.3 :	Analyses de confinement.....	A
Chapitre 2.4 :	Analyses de radioprotection.....	A
Chapitre 2.5 :	.....	<i>Réservé</i>
Chapitre 2.6 :	Analyses de production de gaz.....	A
<b>PARTIE 3 :</b>		<b>DOCUMENTS DE REFERENCE</b>
Chapitre 3.1 :	Liste des documents de référence.....	A