

MODELE DE COLIS TYPE B :

R85

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)	10
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.....	14
11.	ANALYSES DE RADIOPROTECTION	15
12.	UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE.....	15
12.1.	Consignes d'utilisation	16
12.2.	Consignes de maintenance	16
13.	ASSURANCE DE LA QUALITE	17
14.	SOMMAIRE GENERAL DU PDSR	18

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

1. OBJET

L'objet de ce document est de :

- Fournir une description générale du modèle de colis R85 (l'emballage et ses contenus),
- Décrire la structure de l'analyse de sûreté du modèle de colis R85 (PDSR),
- Synthétiser les éléments importants de l'analyse de sûreté du modèle de colis R85.

Les réglementations applicables sont celles listées au chapitre 20 du PDSR : [ADR], [RID], [ADN], [TMD] 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] 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 :

ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire française
CTR	Conditions de Transport de Routine <i>(au sens des réglementations [ADR], [RID], [ADN], [SSR-6])</i>
CNT	Conditions Normales de Transport <i>(au sens des réglementations [ADR], [RID], [ADN], [SSR-6])</i>
CAT	Conditions Accidentelles de Transport <i>(au sens des réglementations [ADR], [RID], [ADN], [SSR-6])</i>
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Electricité
EDF	Electricité De France <i>(propriétaire et exploitant des exemplaires d'emballages R85)</i>
GdG	Guides de Grappes : structures tubulaires en acier inoxydables issues des CNPE d'EDF <i>(contenu de l'emballage R85)</i>
PDSR	Package Design Safety Report <i>(Dossier de sûreté d'un modèle de colis)</i>
R85	Numéro d'identification du modèle de colis de type B pour le transport de GdG <i>(modèle de colis développé par RI pour les besoins d'EDF)</i>
RGS	Rupture de Gaine Sérieuse <i>(événement inhérent aux CNPE d'EDF et pouvant conduire à des niveaux accrus de contamination des GdG : cf. chapitre 2 du PDSR)</i>
RI	ROBATEL Industries <i>(concepteur, fabricant et requérant du modèle de colis R85)</i>
SLR	Standard Leakage Rate <i>(i.e. flux de fuite en conditions normalisées)</i>

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

3. GENERALITES

3.1. Présentation générale du colis

Le modèle de colis R85 est un modèle de colis de type B(U) selon la réglementation des transports de matières radioactives (cf. [ADR], [RID], [ADN] et [SSR-6]). Il est conçu pour le transport par route, rail et/ou voies fluviales, de guides de grappes irradiés et contaminés qui sont des matières radioactives non fissiles ou fissiles exceptées au sens de la réglementation.

Le modèle de colis R85 fait donc l'objet d'une demande d'agrément auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. La conception de ce modèle est définie par le dossier de sûreté (PDSR) déposé auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire à l'appui de la demande d'agrément.

Le modèle de colis R85 est développé par ROBATEL Industries pour les besoins d'EDF.

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 des structures métalliques tubulaires activées et contaminées issues des centrales nucléaires d'EDF (cf. §6). Ces matières ne présentent pas d'autres risques que ceux afférents à la classe 7.

3.3. Modes de transport

- Le colis R85 peut être transporté par **route** [ADR], **rail** [RID] et/ou **voies fluviales** [ADN].
- Le colis R85 peut être transporté sous utilisation « **exclusive** » ou « **non exclusive** »*.

** En fonction des conclusions des contrôles radiologiques effectués avant expédition.*

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 R85, compile l'ensemble des analyses de sûreté relatives au modèle de colis R85 conformément aux prescriptions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire [ASN-7] et se structure donc suivant le 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
- Une synthèse des caractéristiques de performance du colis
- L'analyse de conformité du modèle de colis aux exigences réglementaires

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

- Les consignes d'exploitation du modèle de colis
- Les consignes de maintenance du modèle de colis
- Le système de management de la qualité applicable au modèle de colis
- Des illustrations du modèles 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)*

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 techniques à l'appui des justifications de sûreté du PDSR. (*données techniques, calculs : mécaniques, thermiques, radioprotection, etc...*)

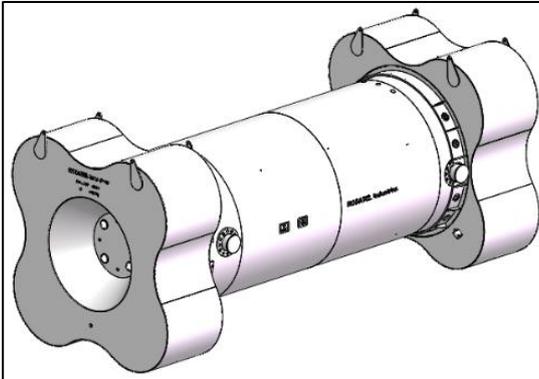
4. CONFORMITE AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES

La démonstration de la conformité du modèle de colis R85 aux exigences et prescriptions réglementaires applicables liées au transport de matières radioactives ([ADR], [RID], [ADN] et [SSR-6]) est apportée par l'ensemble des éléments constitutifs du dossier de sûreté du modèle de colis R85 (PDSR).

Par ailleurs, une matrice synthétique de conformité est également établie et présentée au chapitre 5 du PDSR.

5. DESCRIPTION GENERALE DU COLIS

5.1. Description de l'emballage



Le modèle de colis R85 est de forme générale cylindrique (*transport horizontal*).

Ses dimensions extérieures « hors tout » sont environ de :

- Longueur : 6,2 m
- Diamètre : 3,2 m

La masse maximale du colis chargé est d'environ 54 t.

L'emballage est constitué des principaux sous-ensembles décrits ci-après.

5.1.1. Corps

Le corps de l'emballage R85 se compose d'une enceinte interne et d'une enveloppe externe cylindriques en acier inoxydable entre lesquelles sont disposées des protections biologiques et thermiques (acier inoxydable et compound PNT7™).

Ces deux enceintes sont soudées en partie avant à une bride massive en acier inoxydable.

5.1.2. Panier

Une structure interne en acier inoxydable permet de conditionner à l'intérieur de la cavité de l'emballage les 21 guides de grappes à transporter.

Ces dispositifs internes (panier, entretoise) permettent de caler et maintenir en position les guides de grappe dans la cavité de l'emballage pendant les transports.

5.1.3. Couvercle

Un couvercle massif, en acier inoxydable et fixé par vis, permet de fermer de manière étanche la cavité interne au niveau de son ouverture avant.

5.1.4. Capots amortisseurs

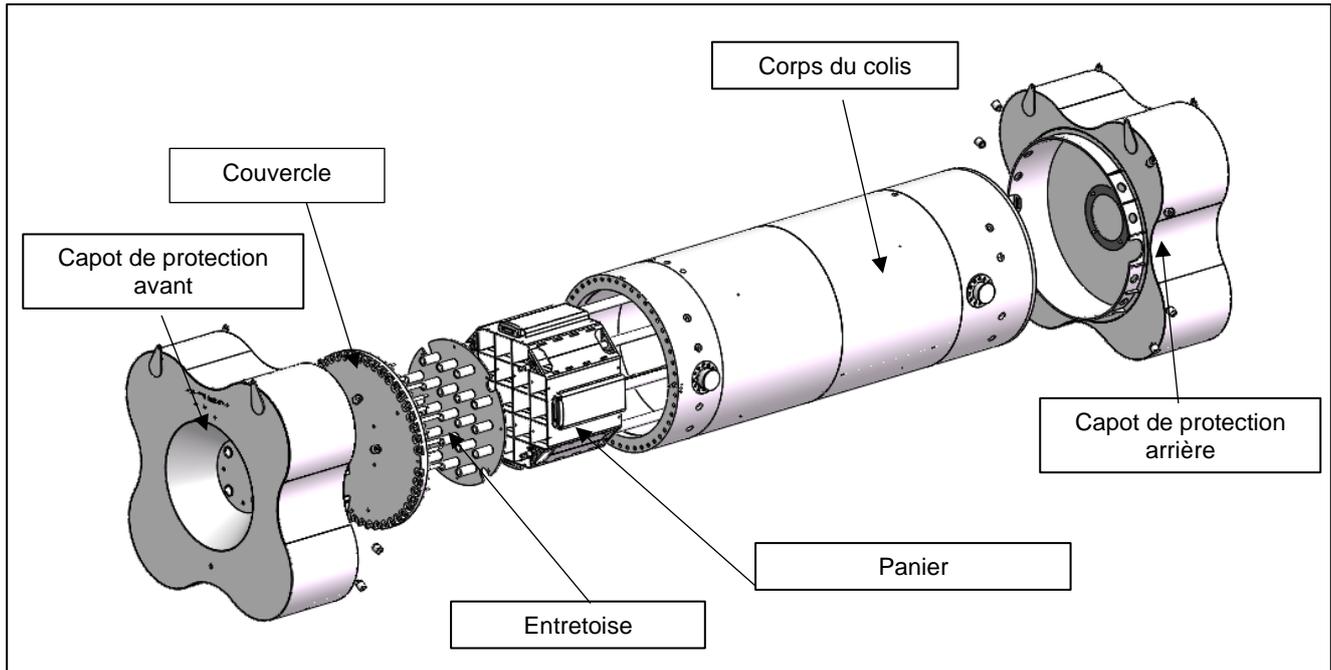
Le corps de l'emballage est équipé de deux capots fixés à chacune de ses deux extrémités. Ce sont des structures en quadrilobe en acier inoxydable remplies de bois et de compound PNT7™ qui protègent l'emballage et ses fonctions de sûreté au cours du transport (notamment en cas d'accident).

5.1.5. Éléments de manutention et arrimage

L'emballage R85 est muni de deux paires de tourillons (à l'avant et à l'arrière) qui sont fixés par vis sur le corps de l'emballage et qui permettent sa manutention (levage, basculement).

Pendant son transport, l'emballage est arrimé via un châssis de transport dédié dans lequel il repose au niveau de ses deux tourillons arrière et d'un arceau hémicylindrique côté avant. Sangles et bridages des tourillons arrière complètent son maintien dans toutes les directions.

- ➔ D'une manière générale, les principales fonctions de sûreté du modèle de colis R85 sont listées dans les paragraphes qui suivent.

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


5.2. Fonctions de sûreté

5.2.1. Enceinte de confinement et système de fermeture

L'enceinte de confinement de l'emballage R85 est constituée par :

- L'enveloppe intérieure du corps du conteneur, enceinte mécano-soudée en acier inoxydable constituée :
 - De la virole interne,
 - De la bride avant du corps,
 - Du fond de l'enceinte interne,
- Le couvercle en acier inoxydable fixé par 46 vis,
- Le joint intérieur du couvercle (joint torique en EPDM),
- La tpe du couvercle (fixée par 6 vis) et de son joint intérieur (joint torique en EPDM).

5.2.2. Protection radiologique

La protection radiologique de l'emballage R85 est essentiellement assurée par :

- Radialement :
 - La virole interne en acier inoxydable,
 - Une couche de compound PNT7™,
 - De viroles complémentaires en acier inoxydable dans le fond de l'emballage,
 - La virole externe en acier inoxydable,
 - Une bride massive sur la partie avant,
 - Une virole massive sur la partie arrière.
- Axialement, côté arrière :
 - Le fond interne en acier inoxydable,
 - Le fond externe en acier inoxydable.
- Axialement, côté avant :
 - Le couvercle en acier inoxydable.

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

5.2.3. Dissipation de la puissance interne

La puissance résiduelle des contenus du colis est très faible au regard des dimensions de ses surfaces d'échanges. La dissipation de la puissance interne n'est donc pas un enjeu de sûreté pour ce modèle de colis. Elle est toutefois 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. Les capots comportent également une tôle anti-poinçon en acier inoxydable protégeant les éléments sensibles du corps de l'emballage (*son 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 et leur couche de compound PNT7™.

6. DESCRIPTION GENERALE DES MATIERES RADIOACTIVES

L'emballage R85 est conçu pour transporter jusqu'à **21 guides de grappes** issus des CNPE d'EDF (900 MWe, 1300 MWe ou 1450 MWe).

Ce sont des structures métalliques tubulaires activées et contaminées qui sont conditionnées dans l'emballage grâce à un panier amovible. Leurs principales dimensions sont les suivantes :

- Longueur « hors tout » : ≈ de 4,1 m à 4,4 m
- Diamètre « hors tout » : ≈ 350 mm
- Masse unitaire : ≈ de 280 à 330 kg

L'activité de ces pièces est essentiellement due à l'activation sous flux neutronique des aciers. Ce sont des matières non fissiles (ou fissiles exceptées) au sens de la réglementation des transports des matières radioactives ([ADR], [RID], [ADN] et [SSR-6]) ; elles ne présentent par ailleurs pas de risques subsidiaires.

Leur puissance thermique résiduelle est très faible (de l'ordre de 10 W) : les problématiques de dissipation par l'emballage de la chaleur générée par son contenu pendant le transport ne constituent donc pas un enjeu de sûreté particulier pour le R85.

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

7. DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS INTERNES

L'emballage R85 peut être utilisé avec plusieurs configurations d'aménagements internes selon les types de contenus.

Pour le chargement des guides de grappes dans l'emballage, un panier amovible est préalablement placé dans sa cavité.

Le panier est une structure mécano-soudée en acier inoxydable qui comporte 21 alvéoles, permettant ainsi de charger jusqu'à 21 guides de grappes dans l'emballage R85. Ce panier est principalement composé des éléments suivants :

- Une partie supérieure comprenant 21 logements carrés. Cette partie supérieure permet de caler les GdG au niveau leur bride intermédiaire.
- Une partie inférieure comprenant également 21 logements carrés. Elle permet, non seulement de loger et caler les pieds des GdG mais contribue aussi à la protection radiologique globale du colis dans cette zone.
Chaque GdG est par ailleurs placé sur un système type « ressort » qui permet, en limitant leur possibilité de mouvements longitudinaux (i.e. dans l'axe de l'emballage), de les maintenir en position et donc de prévenir tout risque d'endommagement pendant leur transport.
- Quatre tirants de liaison qui relient les deux parties entre elles et maintiennent l'ensemble dans la cavité de l'emballage.

Ce panier, selon le type de GdG, peut aussi être complété par l'ajout d'une entretoise (structure mécanique en acier inoxydable également) pour ajuster le calage longitudinal des contenus.

8. ANALYSES STRUCTURELLES

Les analyses structurelles du modèle de colis R85 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.

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

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 R85 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 R85 est arrimé sur le moyen de transport à l'aide d'un châssis de transport dédié. Le colis repose, côté avant, sur un berceau hémicylindrique (au niveau de son corps), et côté arrière, sur sa paire de tourillons (en prise dans des paliers du châssis). 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 ;
- 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, notamment :

- vis-à-vis des effets des différentiels de pressions interne/externe ;
- vis-à-vis des effets des accélérations réglementaires pouvant être subies pendant le transport.

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 sa géométrie, l'emballage R85 ne peut physiquement pas être gerbé. Conformément aux spécifications réglementaires, il n'est donc pas concerné par l'épreuve de gerbage.

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 R85 (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.

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

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 R85 (> 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 simulations numériques par éléments finis.

Ces calculs ont notamment démontré que, lors d'une telle épreuve :

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

L'emballage R85 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.

Nota : Les calculs de chutes ont en effet démontré le maintien du niveau d'étanchéité de l'enceinte de confinement de l'emballage et le maintien de ses protections radiologiques même après avoir subi de manière successive et cumulative les épreuves de chutes libres de CNT (0.3 m) et de CAT (9.0 m) (cf. § ci-après).

8.3. Conditions Accidentelles de Transport (CAT)

8.3.1. Epreuve d'écrasement dynamique

Cette épreuve (consistant en la chute d'une hauteur 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 R85 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 R85, conformément aux exigences réglementaires, résiste au cumul des dommages induits par :

- L'épreuve de chute libre de CNT (0.3 m)
- 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 des simulations numériques de chutes.

L'objectif de ces simulations a été d'observer les dommages 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 (i.e. couvercle, tape et vis de fixation),
- Le niveau d'étanchéité du système de fermeture,
- Les endommagements de protections thermiques et biologiques.

Ces calculs 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),

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

- 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 (cf. §9),
- 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 (acier) 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 : cf. §9) 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 R85 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 R85 et sur ses performances de sûreté.

9. ANALYSES THERMIQUES

Les analyses thermiques du modèle de colis R85 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 dégagee par les contenus,
- Les conditions réglementaires en CTR en termes de température ambiante (+38°C)
- Les conditions réglementaires en CTR en termes d'ensoleillement (*400 W/m² pour les surfaces cylindriques horizontales suivant spécifications de l'AIEA*),
- Les conditions réglementaires en CAT (*incendie 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.

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

Elles ont également démontré qu'en l'absence d'ensoleillement, la température maximale des surfaces du colis facilement accessibles lors de son transport ne dépassent pas 50°C.

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, perméabilité aux gaz) ;
- 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 R85 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 (sur le corps ou les capots de l'emballage),
- 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/m² 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).
- Les effets d'une éventuelle combustion du bois des capots de protection qui pourrait se poursuivre au-delà des 30 minutes d'incendie réglementaires.

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) ainsi qu'avec les contenus transportés,

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, perméabilité aux gaz).

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

En CAT, le bon comportement du modèle de colis R85 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 R85 comprennent :

- L'évaluation du flux de fuite maximum admissible de l'enceinte de confinement vis-à-vis des exigences réglementaires de relâchement d'activité en CTR/CNT,
- L'évaluation du flux de fuite maximum admissible de l'enceinte de confinement vis-à-vis des exigences réglementaires de relâchement d'activité en CAT,
- La vérification du comportement des joints de confinement de l'emballage.

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 :

- Les propriétés radiologiques enveloppes des contenus admissibles,
- 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,
- 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 phénomènes de relâchement induits par fuite par capillarité d'aérosols et de gaz,
- Les phénomènes de relâchement induit par perméation des gaz radioactifs à travers les joints en élastomère.

Les analyses structurales et thermiques ont démontré que l'enceinte de confinement du colis R85 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 R85, 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 R85 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 :

- Les propriétés radiologiques enveloppes des contenus admissibles,
- Les hétérogénéités au sein du contenu (i.e. profil d'activation des guides de grappes),
- 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 R85, chargé de son contenu maximal, sont toujours inférieures aux niveaux ci-après* :

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

* Selon les contrôles radiologiques avant expédition, le colis peut donc être transporté sous utilisation exclusive ou pas. (cf. détermination de l'indice de transport « TI »)

** 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 R85 est donc garanti.

12. UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE

Le dossier de sûreté définit les principaux principes selon lesquels l'emballages R85 doit être utilisé, entretenu et maintenu (manutentions, chargement/déchargement, transport, entreposage, contrôles et entretiens périodiques).

Toute utilisation, entretien ou maintenance de l'emballage doit être effectué suivant des procédures conformes aux principes et instructions définis dans son dossier de sûreté.

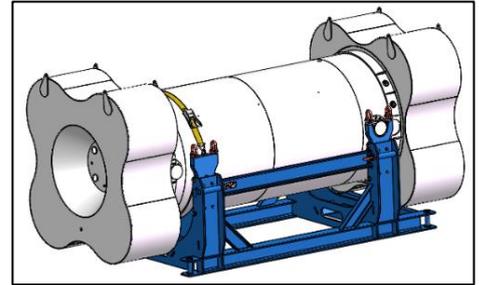
S'il ne satisfait pas aux spécifications et vérifications requises, l'emballage doit être mis hors service jusqu'à ce que l'action corrective appropriée ait été effectuée. Tout écart constaté affectant la sûreté doit être notifié à l'Autorité de Sûreté compétente conformément à ses exigences.

CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)
12.1. Consignes d'utilisation

Le modèle de colis R85 est conçu pour être :

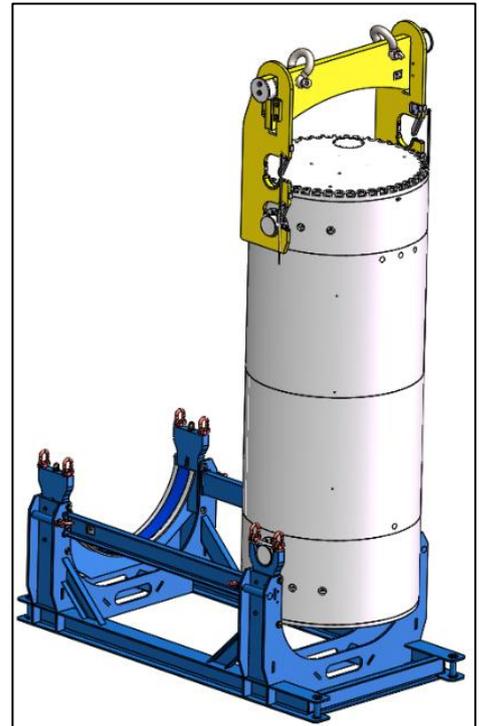
- Chargé verticalement (à sec ou sous eau),
- Transporté ou entreposé horizontalement (à sec),
- Puis déchargé verticalement (à sec ou sous eau).

Il est transporté par route, rail ou voies fluviales, éventuellement sous utilisation exclusive, et doit être arrimé sur le moyen de transport à l'aide d'un châssis de transport dédié.



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 (*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 des capots 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 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 R85 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).

ROBATEL Industries	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire:	Désignation:
	DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R85	R85	PDSR 0001
CHAPITRE 0.1 : RESUME ET SOMMAIRE GENERAL DU DOSSIER DE SURETE (Rév. B)			

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 R85 aux prescriptions réglementaires,
- Des exemplaires de l'emballage R85 au modèle de colis défini par le dossier de sûreté,
- De l'utilisation des exemplaires de l'emballage R85 aux spécifications du dossier de sûreté,
- Des transports des exemplaires de l'emballage R85 aux prescriptions réglementaires.

Ces principes d'assurance de la qualité concernent et s'appliquent à toute activité en lien avec l'emballage R85 (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 R85 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

PARTIE 0 : STRUCTURE GENERALE DU DOSSIER DE SURETE

Chapitre 0.1	Résumé et sommaire général du dossier de sûreté.....	B
Chapitre 0.2	Historique des modifications.....	B

PARTIE 1 : INFORMATIONS GENERALES RELATIVES AU MODELE DE COLIS

Chapitre 1 :	Informations administratives	A
Chapitre 2 :	Description des contenus	B
Chapitre 3 :	Définition de l'emballage.....	B
Chapitre 4 :	Caractéristiques de performances du colis	B
Chapitre 5 :	Conformité aux exigences réglementaires	B
Chapitre 6 :	Consignes d'exploitation.....	B
Chapitre 7 :	Consignes de maintenance	A
Chapitre 8 :	Système de management de la qualité.....	A
Chapitre 9 :	Illustrations du modèle de colis.....	B
Chapitre 10 :	.....	Réservé
Chapitre 11 :	.....	Réservé

PARTIE 2 : JUSTIFICATIONS TECHNIQUES RELATIVES AU MODELE DE COLIS

Chapitre 12 :	Analyses structurelles.....	B
Chapitre 13 :	Analyses thermiques	A
Chapitre 14 :	Analyses de confinement.....	A
Chapitre 15 :	Analyses de radioprotection.....	B
Chapitre 16 :	.....	Réservé
Chapitre 17 :	.....	Réservé
Chapitre 18 :	.....	Réservé
Chapitre 19 :	Analyse du vieillissement.....	A

PARTIE 3 : DOCUMENTS DE REFERENCE

Chapitre 20 :	Liste des documents de référence.....	B
---------------	---------------------------------------	---