

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75</b> RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>1/18</b>

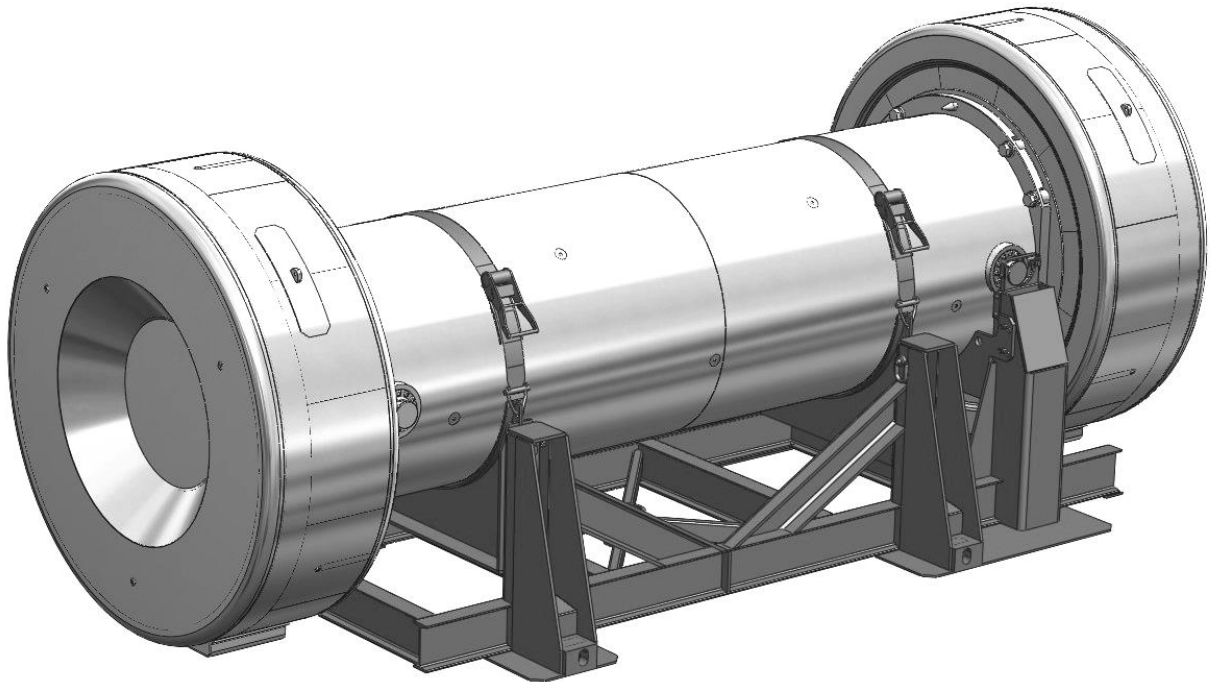
Client : <b>EDF - UTO</b>	<b>COLIS R75</b> Transport de <b>5 guides de grappes irradiés</b>	<b>Marché EDF :</b> <b>N° C441C00610</b>
------------------------------	---	---


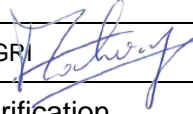
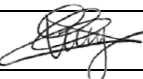
Document recto-verso :  oui  non

Document polychrome :  oui  non

## DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75

### PARTIE 0 : RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE



A	BPE	M. CHAZOT 	F. LABERGRI 	H. RUBY 	26/09/19
Rév.	Etat	Rédaction	Vérification	Approbation	Date

## SOMMAIRE

1.	OBJET.....	4
2.	DOCUMENTS DE REFERENCE .....	4
3.	GENERALITES .....	5
3.1.	Présentation générale du colis.....	5
3.2.	Présentation générale des matières .....	5
3.3.	Modes de transport .....	5
3.4.	Présentation générale de la structure du dossier de sûreté.....	5
4.	CONFORMITE AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES .....	6
5.	DESCRIPTION GENERALE DU COLIS.....	6
5.1.	Description de l'emballage .....	6
5.2.	Fonctions de sûreté .....	8
6.	DESCRIPTION GENERALE DES MATIERES RADIOACTIVES .....	9
7.	DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS INTERNES.....	9
8.	ANALYSES STRUCTURALES.....	10
8.1.	Conditions de Transport de Routine (CTR).....	10
8.2.	Conditions Normales de Transport (CNT).....	11
8.3.	Conditions Accidentelles de Transport (CAT) .....	11
9.	ANALYSES THERMIQUES.....	13
9.1.	Conditions de Transport de Routine et Normales (CTR & CNT).....	14
9.2.	Conditions Accidentelles de Transport (CAT) .....	14
10.	ANALYSES DU CONFINEMENT .....	15
11.	ANALYSES DE RADIOPROTECTION.....	16
12.	UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE .....	16
12.1.	Consignes d'utilisation .....	17
12.2.	Consignes de maintenance.....	17
13.	ASSURANCE DE LA QUALITE .....	18

Révisions	Historique des modifications	Etat
A	Emission du document	BPE

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>4/18</b>

## 1. OBJET

L'objet de ce document est de :

- décrire la structure de l'analyse de sûreté du modèle de colis R75 [Réf. 7],
- résumer la définition du modèle de colis R75 (l'emballage et ses contenus),
- synthétiser les éléments importants de l'analyse de sûreté du modèle de colis R75.

Les règlements applicables sont ceux définis en documents de référence [Réf. 1] à [Réf. 3].

Les analyses de sûreté ont été établies en conformité avec ces réglementations et avec les recommandations de l'Autorité de Sûreté Nucléaire ([Réf. 4 et [Réf. 5] en particulier).

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- Réf. 1 Arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif au transport des marchandises dangereuses par voie terrestre (*dit arrêté « TMD »*)
- Réf. 2 ADR en vigueur le 1er janvier 2019  
*Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route*
- Réf. 3 AIEA – SSR-6 (Rev.1), édition de 2018  
*Réglementation de Transport des Matières Radioactives – Prescriptions de l'AIEA*
- Réf. 4 Guide n°7 de l'ASN – Tome 1 (révision 2 – février 2016)  
*Transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique  
Demandes d'agrément et d'approbations d'expéditions*
- Réf. 5 Guide n°7 de l'ASN – Tome 2 (décembre 2014)  
*Transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique  
Dossier de sûreté des modèles de colis, Guide Européen « Package Design Safety Report »*
- Réf. 6 F/412/B(U)-96  
*Certificat d'agrément – Modèle de colis R75*
- Réf. 7 R75 ANS 001  
*Dossier de sûreté du modèle de colis R75 – PDSR*

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>5/18</b>

### 3. GENERALITES

#### 3.1. Présentation générale du colis

Le modèle de colis R75 est un modèle de colis de type B(U) selon la réglementation des transports de matières radioactives (cf. [Réf. 1] à [Réf. 3]). Il est conçu pour le transport de guides de grappes irradiants et contaminés qui sont des matières radioactives non fissile ou fissiles exceptées au sens de la réglementation.

Le modèle de colis R75 fait donc l'objet d'un agrément délivré par l'Autorité de Sûreté Nucléaire [Réf. 6]. La conception de ce modèle est définie par le dossier de sûreté (Package Design Safety Report – [Réf. 7]) déposé auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire à l'appui de la demande d'agrément.

Le modèle de colis R75 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. §0). Ces matières ne présentent pas d'autres risques que ceux afférents à la classe 7.

#### 3.3. Modes de transport

- Le colis R75 peut être transporté par **route** (ADR [Réf. 2])
- Le colis R75 est transporté sous **utilisation exclusive**.

#### 3.4. Présentation générale de la structure du dossier de sûreté

Le dossier de sûreté à l'appui de la demande d'agrément pour le modèle de colis R75 (PDSR [Réf. 7] qui compile l'ensemble des analyses de sûreté relatives au modèle de colis R75 conformément aux prescriptions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire [Réf. 4] et [Réf. 5]) se structure suivant le guide Européen PDSR [Réf. 5] :

- **Partie 0 :**
  - Sommaire général
  - Historique des modifications
  - Résumé de l'analyse de sûreté
- **Partie 1 :**
  - Informations administratives
  - Description des contenus
  - Description de l'emballage
  - Caractéristiques de performance du colis
  - Conformité aux exigences réglementaires

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>6/18</b>

- Consignes d'exploitation
- Consignes de maintenance
- Système de management de la qualité
- Illustrations du colis

▪ **Partie 2 :**

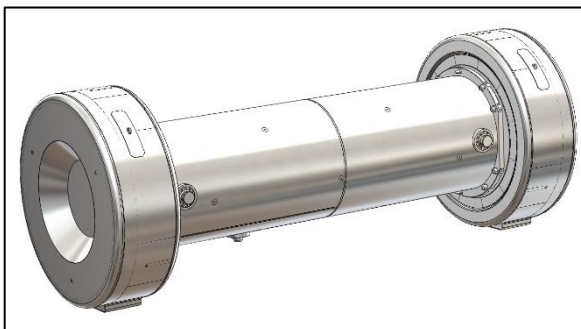
- Analyses Structurales
  - ↳ Analyses mécaniques de la résistance de l'emballage en conditions de transport de routine (CTR : manutentions, arrimage, tenue à la pression...)
  - ↳ Analyses mécaniques de la résistance de l'emballage aux épreuves réglementaires en conditions normales et accidentelles de transport (CNT et CAT)
- 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)
- Analyses du Confinement
  - ↳ Analyse du relâchement de l'emballage (CTR, CNT, CAT)
  - ↳ Vérification du comportement des joints
- Analyses de la Radioprotection
  - ↳ Analyse des performances des protections biologiques de l'emballage (CTR, CNT, CAT)
- Analyse des modes de défaillances
- Qualification des codes de calculs

#### 4. CONFORMITE AUX EXIGENCES REGLEMENTAIRES

La démonstration de la conformité du modèle de colis R75 aux exigences et prescriptions réglementaires applicables liées au transport de matières radioactives [Réf. 1] à [Réf. 3] est apportée par l'ensemble des éléments constitutifs du dossier de sûreté du modèle de colis R75 [Réf. 7]. Une matrice synthétique de conformité (jointe au dossier) a également été établie.

#### 5. DESCRIPTION GENERALE DU COLIS

##### 5.1. Description de l'emballage



Le modèle de colis R75 est de forme générale cylindrique (*transport horizontal*)

Ses dimensions extérieures « hors tout » sont environ de :

- Longueur : 5 560 mm
- Diamètre : 2 100 mm

La masse maximale admissible du colis chargé est de 24 080 kg.

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

#### 5.1.1. Corps

Le corps de l'emballage R75 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 avant à une bride massive en acier inoxydable.

#### 5.1.2. Panier

Une structure interne modulable et amovible en acier inoxydable (*panier + réhausse*) permet de conditionner à l'intérieur de la cavité de l'emballage les guides de grappes à transporter.

#### 5.1.3. Dispositif de maintien

Un dispositif mécanique en acier inoxydable (*plaque de retenue + secteurs de verrouillage*) permet, une fois les guides de grappes chargés, de les maintenir en position dans la cavité de l'emballage pendant les transports.

#### 5.1.4. Couvercle

Un couvercle fixé par vis permet de fermer de manière étanche l'enceinte interne au niveau de son ouverture avant.

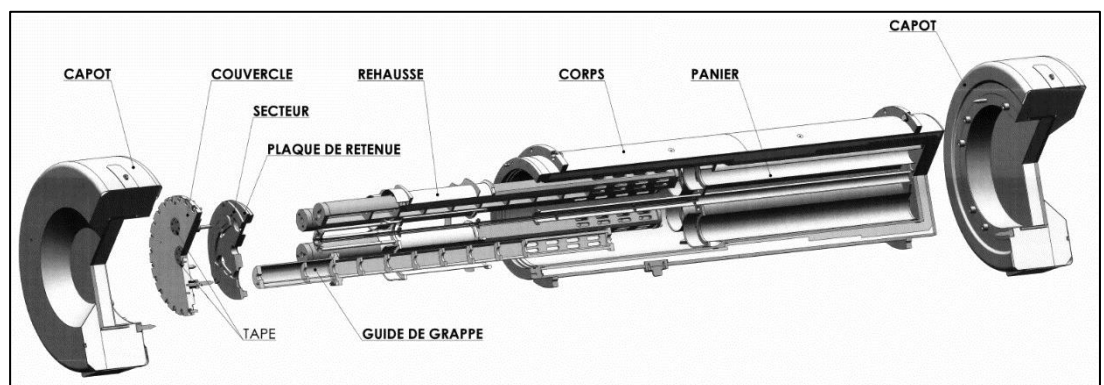
#### 5.1.5. Capots amortisseurs

Le corps de l'emballage est équipé deux capots fixés à chacune de ses deux extrémités. Ce sont des structures en acier inoxydable remplies de bois.

#### 5.1.6. Éléments de manutention et arrimage

L'emballage R75 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).

L'emballage est également équipé d'un pion d'arrimage (fixé par vis) qui, à l'aide d'un châssis de transport dédié en prise sur la partie cylindrique du corps, permet d'assurer le calage et l'arrimage du colis sur son moyen de transport.



Vue d'ensemble des composants de l'emballage R75

Les principales fonctions de sûreté du modèle de colis R75 sont listées ci-après.

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75</b> RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>8/18</b>

## 5.2. Fonctions de sûreté

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

L'enceinte de confinement de l'emballage R75 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,
- \* (soudures en pleine pénétration)
- le couvercle en acier inoxydable fixé par 24 vis,
  - le joint intérieur du couvercle (joint torique en EPDM),
  - des deux tapes du couvercle (fixées chacune par 6 vis) munies de leur joint intérieur (joints toriques en EPDM).

### 5.2.2. Protection radiologique

La protection radiologique de l'emballage R75 est essentiellement assurée par :

- Radialement :
  - la virole interne en acier inoxydable,
  - une couche de plomb (*d'épaisseur variable sur la longueur du corps*),
  - la virole externe en acier inoxydable,
- Axialement, côté arrière :
  - le fond interne en acier inoxydable,
  - une couche de plomb
  - le fond externe en acier inoxydable,
  - la tôle anti-poinçon en acier inoxydable du capot arrière,
- Axialement, côté avant :
  - le dispositif de maintien (*plaque en acier inoxydable*),
  - le couvercle en acier inoxydable,
  - la tôle anti-poinçon en acier inoxydable du capot avant.

### 5.2.3. Dissipation de la puissance interne

La dissipation de la puissance interne 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. 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*),
- le dispositif de maintien (élément interne en acier inoxydable) qui permet de protéger le système de fermeture contre d'éventuels chocs internes des contenus.

### 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 en bois fixés sur le corps de l'emballage.



## 6. DESCRIPTION GENERALE DES MATIERES RADIOACTIVES

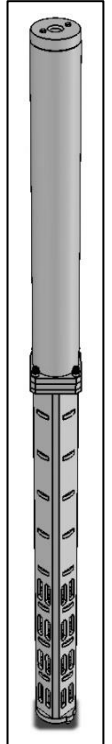
L'emballage R75 est conçu pour transporter jusqu'à **5 guides de grappes** issus des CNPE d'EDF (900 MW, 1300 MW ou 1450 MW).

Ce sont des structures métalliques tubulaires activées et contaminées qui sont conditionnées dans l'emballage grâce à un panier amovible et modulable.

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 du Règlement de Transport des Matières Radioactives de l'AIEA ; elles ne présentent pas de risques subsidiaires.

D'une manière générale, les principales caractéristiques enveloppes des guides de grappes et du contenu maximal de l'emballage sont les suivantes :

- Masse maximale d'un guide de grappe : ..... 330 kg
- Masse maximale chargée dans l'emballage (*5 guides de grappes + panier*) : 2 150 kg
- Puissance thermique maximale d'un guide de grappe : ..... 10 W
- Puissance thermique maximale du contenu de l'emballage : ..... 50 W
- Activité  $\gamma$  maximale d'un guide de grappe : ..... 2 TBq
- Activité  $\gamma$  totale maximale chargée dans l'emballage (*5 guides de grappes*) : 10 TBq
- Activité totale maximale d'un guide de grappe : ..... 7.5 A2
- Activité totale maximale chargée dans l'emballage (*5 guides de grappes*) : ...37.5 A2



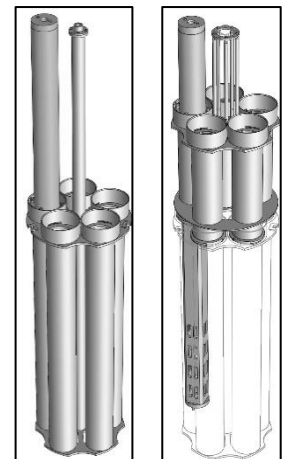
## 7. DESCRIPTION GENERALE DES AMENAGEMENTS INTERNES

L'emballage R75 peut être utilisé avec plusieurs configurations d'aménagements internes selon les types de guides de grappes à transporter (900 MW, 1300 MW ou 1450 MW).

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

En fonction des types de guides de grappes, ce panier peut être configuré de manière adéquate de sorte à assurer un calage et maintien approprié des guides dans la cavité de l'emballage au cours de leur transport.

- Le panier est une structure mécano-soudée en acier inoxydable qui comporte 5 alvéoles, permettant ainsi de charger jusqu'à **5 guides de grappes dans l'emballage R75**.



<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A 10/18</b>

## 8. ANALYSES STRUCTURALES

L'analyse structurale du modèle de colis R75 comprend les démonstrations de la tenue mécanique du modèle de colis:

- vis à vis des sollicitations induites en exploitation (conditions de transport de routine (CTR) : manutentions, tenue à la pression...),
- en conditions normales de transport (CNT) (arrimage, pression interne, 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, les retours d'expériences et sur des essais de chutes d'une maquette mécanique représentative du modèle de colis à l'échelle  $10/29^{\text{ème}}$ .

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 R75 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 R75 est arrimé sur le moyen de transport à l'aide d'un châssis de transport dédié équipé de deux berceaux hémicylindriques sur lesquels repose son corps. Il est calé longitudinalement (sens du roulage) à l'aide de son pion d'arrimage. 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 la réglementation en vigueur pour les transports par route ;
- vis-à-vis des phénomènes de fatigue induits par les cycles de transports ou par les phénomènes vibratoires.

Ces analyses ont démontré la tenue mécanique et le maintien des performances des 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 de transport réglementaire.

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A 11/18</b>

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 R75 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 R75 (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 R75 (24 080 kg), il doit résister à l'épreuve réglementaire de chute libre d'une hauteur de 0.3 m sur cible indéformable. Cela a été justifié lors d'une campagne d'essais de chutes réalisé à l'aide d'une maquette représentative de l'emballage à échelle réduite (<sup>10</sup>/<sub>29</sub><sup>ème</sup>).

Ces essais 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 R75 résiste donc à l'épreuve de chute libre de CNT sans remettre en cause ses performances de sûreté (confinement et radioprotection) ni ses capacités à résister ensuite aux épreuves réglementaires de CAT.

*Nota : Les essais 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 R75 car sa masse (24 080 kg) est supérieure à 500 kg.

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   12/18

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

Le modèle de colis R75, 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 conjointement sur :

- Une campagne d'essais de chutes réalisée à l'aide d'une maquette représentative du colis R75 à échelle réduite ( $10/29^{\text{ème}}$ ) ;
- Des simulations numériques de chutes.

#### Essais de chutes :

Afin d'analyser le comportement mécanique de l'emballage, des essais de chutes ont été réalisés sur une maquette représentative du colis R75 à l'échelle  $10/29^{\text{ème}}$ . Les règles de similitudes ont été appliquées afin de tenir compte du facteur d'échelle à la fois pour la conception de la maquette et pour la définition du programme d'essais.

L'ensemble de ces justifications permettent de garantir que le comportement mécanique de la maquette lors des essais de chutes est effectivement représentatif de celui du colis grandeur nature.

Le programme d'essais a été défini sur la base de calculs et simulations préliminaires qui ont permis de déterminer les configurations (et combinaisons de configurations) les plus défavorables pour l'emballage, tant en termes d'orientation de chute que de température. La maquette a ainsi été soumise à plusieurs séquences de chutes, chaque séquence cumulant les effets et dommages induits par :

- une chute libre de CNT (0.3 m),
- une chute libre de CAT (9.0 m) et
- une chute de poinçonnement (1.0 m).

L'objectif de ces essais 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 subis par l'emballage,
- La résistance du système de fermeture (i.e. le couvercle et ses vis de fixation),
- Le niveau d'étanchéité du système de fermeture,
- Les endommagements de protections thermiques et biologiques.

Ces essais 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 (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 (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 : cf. §9) ou à assurer la protection radiologique requise après CAT (cf. §11).



Campagne d'essais de chute de la maquette du modèle de colis R75 :

- 4 chutes libres de 9.3 m (cumul de 0.3 m en CNT et 9.0 m en CAT)
- 3 chutes de 1.0 m sur poinçon (CAT)

### 8.3.3. Epreuve d'immersion

Compte tenu de l'activité maximale transportée ( $< 10^5$  A2), le colis R75 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 R75 et sur ses performances de sûreté.

## 9. ANALYSES THERMIQUES

Les analyses thermiques du modèle de colis R75 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.

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A 14/18</b>

Ces analyses ont été réalisées par calculs analytiques et simulations numériques (modèles 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 (400 W/m<sup>2</sup> 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.

Elles ont également démontré qu'en l'absence d'ensoleillement, la température maximale des surfaces du colis facilement accessibles lors de son transport sous utilisation exclusive ne dépassent pas 85°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 structurales : 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 soit soumis à l'épreuve d'incendie (cf. § suivant)

En CTR/CNT, l'intégrité des composants du modèle de colis R75 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/m<sup>2</sup> suivant préconisations de l'AIEA),

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   15/18

- 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 et ses protections biologiques en plomb) 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).

En CAT, le bon comportement du modèle de colis R75 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 R75 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 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 R75 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 R75, 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 :  $\leq 10^{-6} A2$  / heure
- En CAT :  $\leq 1 A2$  sur 1 semaine.

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75 RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE</b>	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A 16/18</b>

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 R75 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 TRIPOLI.

D'une manière générale, l'ensemble des analyses de radioprotection ont été menées 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 R75, chargé de son contenu maximal et transporté sous utilisation exclusive, sont toujours inférieures aux niveaux ci-après :

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

\* 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 R75 est donc garanti.

## 12. UTILISATION / ENTRETIEN / MAINTENANCE

Le dossier de sûreté définit les principaux principes selon lesquels l'emballages R75 doit être utilisé, entretenu et maintenu (manutentions, chargement/déchargement, transport, 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.



### **12.1. Consignes d'utilisation**

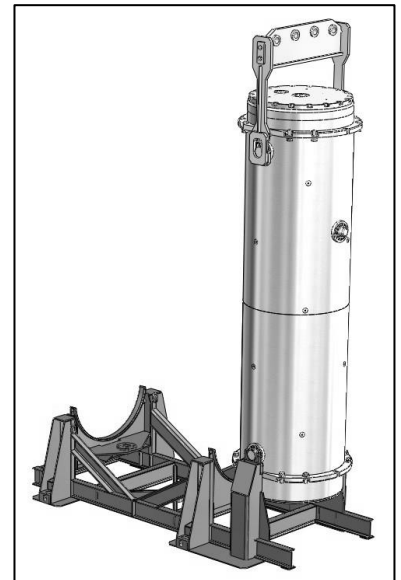
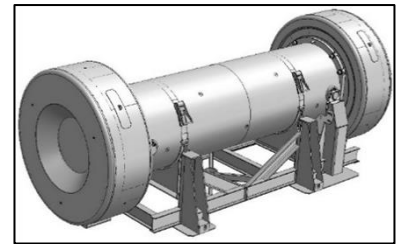
Le modèle de colis R75 est conçu pour être :

- chargé verticalement (à sec ou sous eau),
- transporté horizontalement (à sec),
- puis déchargé verticalement (à sec ou sous eau).

Il doit être transporté par route, sous utilisation exclusive, arrimé au moyen de transport à l'aide de son 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 R75 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).

<b>ROBATEL Industries</b>	PACKAGE DESIGN SAFETY REPORT	Code affaire : Désignation : Séq Rév Page			
	<b>DOSSIER DE SURETE DU MODELE DE COLIS R75</b> RESUME DE L'ANALYSE DE SURETE	<b>R75</b>	<b>ANS 003</b>	-	<b>A</b>   <b>18/18</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 R75 aux prescriptions réglementaires,
- des exemplaires de l'emballage R75 au modèle de colis défini par le dossier de sûreté,
- de l'utilisation des exemplaires de l'emballage R75 aux spécifications du dossier de sûreté,
- des transports des exemplaires de l'emballage R75 aux prescriptions réglementaires.

Ces principes d'assurance de la qualité concernent et s'appliquent à toute activité en lien avec l'emballage R75 (conception, fabrication, mise en service, tests, contrôles, exploitation, transport, entretien et maintenance des emballages).

Les différents acteurs en charge d'opérations afférentes aux emballages R75 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).