
	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	<u>Chrono diffusion (code barre) :</u>  <u>DES/DDSD/DTEL/SGPE 2021-297</u>
	<b>CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET</b>	Page 1/25

Direction des Énergies  
Direction des projets de Démantèlement,  
de Service nucléaire et de gestion des Déchets  
Département Transports, Emballages et Logistiques  
Service de Gestion du Parc d'Emballages  
Groupe Autorisations Externes Transport


## DEMONSTRATION DE SURETE DE L'EMBALLAGE LR144

CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/LR144/DSS 000004 Ind.01


	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 2/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

NIVEAU DE CONFIDENTIALITE				
DO	DR	CCEA	CD	SD
X				

	NOM	FONCTION	VISA
REDACTEUR	J. DANAN	Chargé d'affaires SGPE / GAET	
VERIFICATEURS	R. BELIN	Chargé d'affaires SGPE / GAET	
	M. BOUCHER	Chef du GAET	
APPROBATEUR EMETTEUR	T. CUVILLIER	Chef du SGPE	

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 3/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

SUIVI DES VERSIONS			
INDICE	DATE	NATURE DE L'ÉVOLUTION	PAGES, CHAPITRES
01	09/06/21	Edition originale	25

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 4/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

#### MOTS CLEFS


LR144, Effluents THA

Clt : 7.4.6

#### RESUME


Ce document présente l'analyse de sûreté de l'emballage LR144, utilisé pour le transport par route d'effluents aqueux de très haute activité (THA) comportant de la matière fissile.

Les éléments présentés démontrent que le modèle de colis respecte la réglementation.


	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 5/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## SOMMAIRE

<b>1. OBJET .....</b>	<b>7</b>
<b>2. DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE .....</b>	<b>7</b>
3.1 Description générale.....	7
3.1.1 Corps de l'emballage.....	8
3.1.2 Capot de l'emballage.....	9
3.2 Manutention et arrimage .....	9
<b>4. DESCRIPTION DES CONTENUS .....</b>	<b>9</b>
<b>5. ANALYSE DE LA RESISTANCE STRUCTURELLE .....</b>	<b>11</b>
5.1 Objectifs.....	11
5.2 Résistance aux pressions réglementaires .....	12
<b>6. ANALYSE THERMIQUE.....</b>	<b>12</b>
6.1 Objectifs.....	12
6.2 Données d'entrée .....	13
6.3 Résultats.....	14
<b>7. ANALYSE DU CONFINEMENT.....</b>	<b>15</b>
7.1 Objectifs.....	15
7.2 Données d'entrée .....	15
7.3 Résultats.....	15
<b>8. ANALYSE DE LA RADIOPROTECTION .....</b>	<b>15</b>
8.1 Objectifs.....	15
8.2 Données d'entrée .....	16
8.3 Résultats.....	17
<b>9. ANALYSE DE LA SURETE-CRITICITE .....</b>	<b>17</b>
9.1 Objectifs.....	17

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 6/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

9.2	Données d'entrée .....	18
9.3	Résultats.....	18
9.3.1	Colis isolé .....	18
9.3.2	Réseau infini de colis .....	19
9.3.3	Conclusion.....	19
<b>10.</b>	<b>ANALYSE DES AUTRES RISQUES.....</b>	<b>19</b>
10.1	Risque lié au dégagement gazeux .....	20
10.2	Risque lié à la corrosivité du contenu.....	21
<b>11.</b>	<b>EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'EMBALLAGE .....</b>	<b>22</b>
11.1	Instructions d'utilisation .....	22
11.2	Instructions de maintenance .....	22
11.2.1	Contrôles de petite maintenance .....	23
11.2.2	Contrôles de grande maintenance .....	23
11.2.3	Contrôles spécifiques des coupons de corrosion.....	23
<b>12.</b>	<b>SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA QUALITE .....</b>	<b>24</b>
12.1	Conception .....	24
12.2	Fabrication.....	24
12.3	Utilisation .....	24
12.4	Maintenance .....	25
<b>13.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>25</b>

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 7/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## 1. OBJET

Cette note a pour but de présenter l'analyse de sûreté de l'emballage LR144 chargé d'effluents aqueux de Très Haute Activité (THA) comportant de la matière fissile.

Les éléments présentés permettent de justifier la conformité du modèle de colis LR144 chargé de son contenu à la réglementation applicable au transport de colis de type B(M)F.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] SSR-6 (Edition de 2018) – AIEA – Règlement de transport des matières radioactives – Prescriptions de sûreté particulières
- [2] ADR en vigueur au 1er janvier 2019 – Accord européen relatif au transport des marchandises dangereuses par route

## 3. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

### 3.1 DESCRIPTION GENERALE

Un schéma de l'emballage LR144 est présenté en Figure 1. L'emballage est composé :

- d'un corps équipé d'une instrumentation ;
- d'un capot supérieur de protection.

Les dimensions nominales de l'emballage sont :


- diamètre hors tout : 2 240 mm ;
- hauteur hors tout : 2 592 mm ;
- diamètre interne du réservoir : 1 276 mm ;
- hauteur interne du réservoir à côté du berceau recevant les mesures de niveau : 1 265 mm.

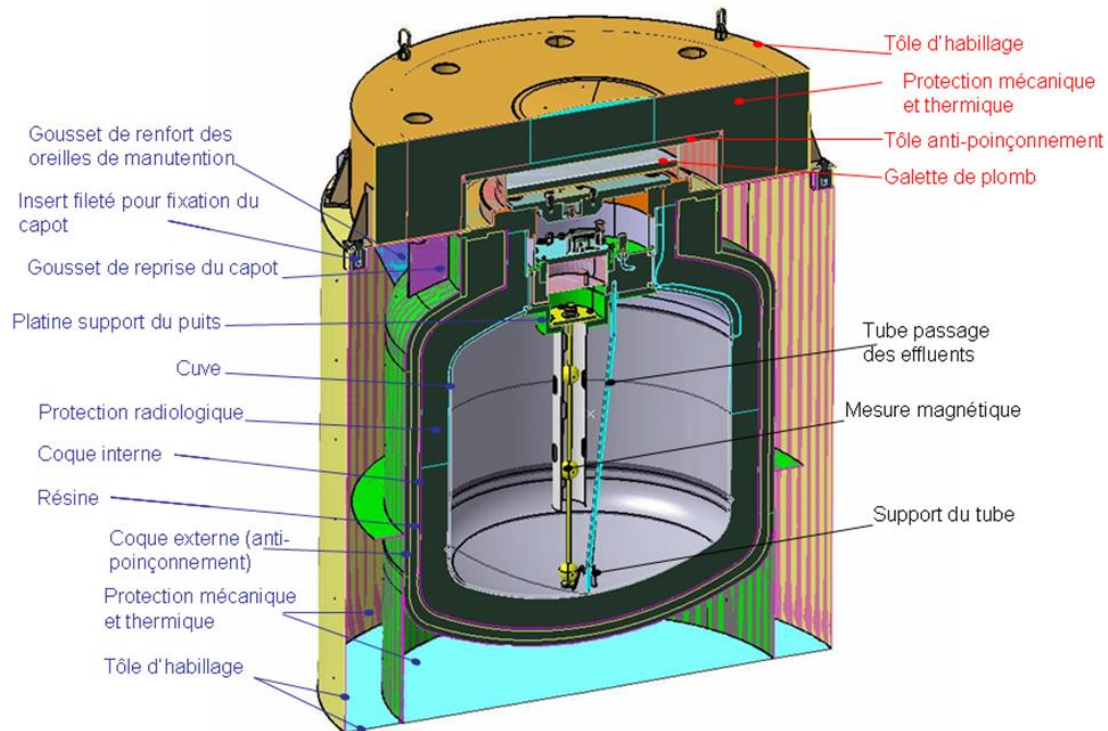
Les volumes du réservoir sont :

- capacité totale minimale : 1 440 L ;
- capacité utile : 1 000 L.

Les masses de l'emballage sont :

- masse à vide : 22 800 kg ;
- masse totale maximale du colis : 23 800 kg.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 8/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			



**Figure 1 : Schéma de l'emballage LR144**

### 3.1.1 Corps de l'emballage


Le corps de l'emballage est constitué des éléments suivants, en partant de l'intérieur :

- une enveloppe de confinement composée d'un réservoir en acier inoxydable, de son puits d'accès, d'une bride d'étanchéité destinée à recevoir le couvercle de fermeture muni de son système de doubles joints toriques et de son bouchon de couvercle, ainsi que d'une tôle d'inertage munie de son système de doubles joints toriques et de son bouchon de tôle de couvercle ;
- une protection radiologique en plomb coulée entre le réservoir et la coque interne ;
- une coque interne en acier inoxydable entourant le réservoir et le puits ;
- une première protection thermique en résine neutrophage disposée entre la coque interne et la coque anti-poinçonnement ;
- une coque externe en acier inoxydable pour la protection mécanique (anti-poinçonnement) ;
- une couche en mousse phénolique pour protection thermique et mécanique (amortissement) ;
- une tôle externe en acier inoxydable pour habillage.

Le corps de l'emballage est équipé en permanence :

- d'un tube de remplissage et de vidange ;



	<p><b>DIFFUSION ORDINAIRE</b></p> <p><b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b></p>	DSS	Page 9/25
		<p>Réf. : CEA/DES/DDSD/DTTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01</p>	
		<p>Chrono : SGPE/GAET 2021-297</p>	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
<p>Démonstration de sûreté de l'emballage LR144</p>			

- d'un système de mise à l'air libre / mise sous vide ;
- de deux détecteurs de niveaux ;
- d'un détecteur de pression.

### 3.1.2 Capot de l'emballage

Le capot supérieur de protection est constitué des éléments suivants, en partant de l'intérieur :

- une galette en plomb (protection radiologique) placée au-dessus du puits d'accès, chemisée par des tôles en acier inoxydable ;
- une première protection thermique en résine neutrophage intercalée entre deux parois en acier inoxydable au-delà de la protection radiologique ;
- une protection mécanique anti-poinçonnement ;
- une couche en mousse phénolique d'isolation thermique et mécanique (amortissement), placée sur le haut et la périphérie du capot ;
- une tôle externe en acier inoxydable pour habillage.

## 3.2 MANUTENTION ET ARRIMAGE

En transport, l'emballage est arrimé par l'intermédiaire d'un système mécanique rigide et de 4 vis M48. Un châssis mécano-soudé, solidaire de la remorque, enveloppe également le corps en radial.


L'emballage avec son capot est manutentionné par un palonnier accroché au niveau des 4 anneaux de manutention. Ces anneaux sont rapportés sur 4 blocs-inserts taraudés M48, eux-mêmes soudés sur les 4 goussets obliques disposés au niveau du corps de l'emballage entre la coque externe et la tôle d'habillage supérieure renforcée localement.

## 4. DESCRIPTION DES CONTENUS

L'emballage LR144 est destiné au transport sur la voie publique d'effluents aqueux radioactifs de très haute activité (THA).


Le contenu ne contient pas de solvants organiques. Les composés de type hydrazine ou ammonium peuvent éventuellement être présents à l'état de trace dans les cuves mais, en raison du temps de stockage et de l'homogénéisation des cuves, les composés peu stables sont absents.

Il n'y a pas de gaz radioactifs présents à l'état dissous dans les effluents issus du stockage en cuve ni de gaz radioactifs produits en cours de transport. L'activité éventuellement présente dans l'atmosphère de la cavité est due aux aérosols.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 10/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

Deux contenus sont définis, le contenu n°1 et le contenu n°2, respectivement en l'absence et en présence de l'inertage du ciel de cuve après remplissage. Leur description est donnée dans le tableau qui suit.

Caractéristiques		Contenu n°1	Contenu n°2
<b>Nature</b>		Effluents aqueux de très haute activité	
<b>Caractéristiques chimiques</b>	<b>Sous-contenu A</b>	Acide nitrique HNO <sub>3</sub> [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ≤ 434 g/l et [H <sup>+</sup> ] ≤ 7 mol/l Chlorures [Cl <sup>-</sup> ] ≤ 1 g/l Fluorures [F <sup>-</sup> ] ≤ 0,1 g/l	
	<b>Sous-contenu B</b>	Acide nitrique HNO <sub>3</sub> 18,6 g/l ≤ [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ≤ 434 g/l Acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] ≤ 154 g/l et 0,3 mol/l ≤ [H <sup>+</sup> ] ≤ 6,2 mol/l Chlorures [Cl <sup>-</sup> ] ≤ 1 g/l Fluorures [F <sup>-</sup> ] ≤ 0,1 g/l	
	<b>Sous-contenu C</b>	Acide nitrique HNO <sub>3</sub> 18,6 g/l ≤ [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ≤ 638,7 g/l Acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] ≤ 4,8 g/l et 0,3 mol/l ≤ [H <sup>+</sup> ] ≤ 6 mol/l Chlorures [Cl <sup>-</sup> ] ≤ 0,2 g/l Fluorures [F <sup>-</sup> ] ≤ 1 g/l	
<b>Volume maximal (effluents + liquide de rinçage)</b>		1 m <sup>3</sup>	
<b>Masse maximale (effluents + liquide de rinçage)</b>		1 t	
<b>Conditionnement</b>		Pas d'inertage du ciel de l'enveloppe de confinement	Inertage à l'azote du ciel de l'enveloppe de confinement
<b>Caractéristiques radiologiques</b>		L'activité β, γ doit respecter l'inégalité suivante : $\frac{Act1}{3 \times 10^4} + \frac{Act2}{80} \leq 1$ Avec : Act1 : Activité des émetteurs β, γ hors <sup>60</sup> Co en TBq/m <sup>3</sup> Act2 : Activité du <sup>60</sup> Co en TBq/m <sup>3</sup>	
		Les noyaux lourds (émetteurs neutroniques) sont limités aux quantités suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• masse maximale d'Am : 180 grammes ;</li> <li>• masse maximale de Cm : 2,7 grammes.</li> </ul> Les isotopes <sup>237</sup> Np, <sup>242</sup> Am, <sup>249</sup> Cf et <sup>251</sup> Cf peuvent être présents à l'état de traces.	

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 11/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

Caractéristiques	Contenu n°1	Contenu n°2
Activité volumique maximale	100 000 A <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	
Puissance thermique	$DT^* \leq \frac{155 - 108 \times V_{contenu} - 7 - AL}{P_\alpha + \frac{1}{3,5} \times P_{\beta,\gamma}} - 7 - AL$ $P_\alpha + P_{\beta,\gamma} \leq 23 \text{ W}$	$DT^* \leq \frac{238 - 166 \times V_{contenu} - 7 - AL}{P_\alpha + \frac{1}{3,5} \times P_{\beta,\gamma}} - 7 - AL$ $P_\alpha + P_{\beta,\gamma} \leq 23 \text{ W}$
Masse de matière fissile	$\frac{M(^{235}\text{U})}{520} + \frac{M(\text{Pu})}{310} \leq 1$ (M en grammes)	
	La masse de béryllium doit être inférieure à 1 kg. L' <sup>233</sup> U et le <sup>241</sup> Pu, dans le cas où ils sont présents dans le contenu, ne résultent pas d'un traitement de séparation isotopique. En outre, la masse d' <sup>233</sup> U n'excède pas 1g.	


**Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques des contenus n°1 et n°2**

## 5. ANALYSE DE LA RESISTANCE STRUCTURELLE

### 5.1 OBJECTIFS

Ce paragraphe présente la tenue mécanique du modèle de colis, constitué de l'emballage LR144 chargé de son contenu, aux contraintes de son environnement (Conditions de Transport de Routine) et aux épreuves mécaniques caractéristiques des Conditions Normales et Accidentelles de Transport (respectivement dénommées CTR, CNT et CAT ci-après).

Les études mécaniques s'appuient sur des calculs analytiques et numériques et sur des essais de chute d'une maquette représentative du modèle de colis à l'échelle 1/3.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 12/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## 5.2 RESISTANCE AUX PRESSIONS REGLEMENTAIRES

La tenue de l'enveloppe de confinement de l'emballage est étudiée pour une surpression interne de  $7 \cdot 10^5$  Pa (pression relative interne maximale admissible). Celle-ci est supérieure à la surpression d'utilisation normale maximale ( $3,5 \cdot 10^5$  Pa), à la surpression externe en cas d'immersion ( $1,5 \cdot 10^5$  Pa) et aux surpressions en CNT ( $0,8 \cdot 10^5$  Pa) et en CAT ( $1 \cdot 10^5$  Pa).

Les simulations sont réalisées à l'aide du logiciel ANSYS 8.1 A1. Elles consistent à réaliser des calculs statiques de mise sous pression de l'enveloppe de confinement.

Les résultats montrent que l'enveloppe de confinement de l'emballage subit des contraintes largement inférieures aux limites admissibles des matériaux avec un coefficient de sécurité  $\geq 3,2$ .

- Résistance des organes d'arrimage et de manutention
- prise en compte de différents angles de chute (sur fond, capot, flanc, coin, arête, avec ou sans fouettement) afin d'évaluer les conditions les plus sévères ;
- calculs réalisés à  $-40^\circ\text{C}$  pour maximiser les accélérations et à  $+70^\circ\text{C}$  pour maximiser les déformations et les effets de talonnement ;
- prise en compte d'une masse de contenu pénalisante.

Suite à l'étude analytique des différentes configurations de colis, les chutes les plus pénalisantes en termes de déformations et d'accélération ont été retenues pour des essais sur une maquette à l'échelle 1/3.

Ces essais de chutes ont été réalisés sur une maquette dont la représentativité a été démontrée. La hauteur de chute retenue pour les essais est de 9,6 m. La maquette a également été soumise à des chutes d'une hauteur de 1 m sur poinçon visant à maximiser les dommages vis-à-vis des orifices ou des protections thermiques et radiologiques. A la suite des essais de chute, l'étanchéité de l'enveloppe de confinement est systématiquement contrôlée. Ces essais de chute ont démontré le bon comportement mécanique de la maquette à l'échelle 1/3. Les taux d'étanchéité mesurés après chute sont conformes aux exigences.


## 6. ANALYSE THERMIQUE

### 6.1 OBJECTIFS

L'objet de ce paragraphe est d'évaluer le comportement thermique du modèle de colis et de déterminer les températures maximales atteintes par les constituants de l'emballage LR144 en CNT et CAT telles que définies par la réglementation applicable à ce dossier de sûreté.

Les prescriptions réglementaires et leurs critères d'acceptation associés, pour les CNT et les CAT sont résumés ci-dessous :

- en CNT, sans ensoleillement et à la température ambiante de  $38^\circ\text{C}$ , la température des surfaces accessibles du colis doit rester inférieure à  $50^\circ\text{C}$  ( $85^\circ\text{C}$  en transport sous-utilisation exclusive) ;

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 13/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- en CNT, avec l'ensoleillement réglementaire défini dans le tableau 12 de [1] et à la température ambiante de 38°C, les températures maximales atteintes par les constituants du colis doivent rester dans les domaines d'utilisation de leur matériau constitutif ;
- en CAT, suite à l'épreuve de l'incendie (période d'exposition de 30 minutes à un feu de température moyenne de flamme d'au moins 800°C), suivie d'une phase de refroidissement, définie par l'exposition du colis à température ambiante de 38°C et sous ensoleillement réglementaire [1], les performances de sûreté doivent être maintenues.

Une étude déterminant le temps de prise en glace des effluents en cas de température extérieure négative a été ajoutée à l'analyse thermique. Le risque d'extrusion des joints a également été étudié.

## 6.2 DONNEES D'ENTREE

Deux chargements thermiques sont pris en compte dans les études :

- cas du remplissage maximum (1 000 litres) : les calculs considèrent un flux surfacique pour l'ensemble de la surface interne de la cavité interne (20W dans la cavité et 3W dans le puits) ;
- cas du remplissage partiel : les calculs sont réalisés en CNT sans ensoleillement, en considérant un volume de 100 litres d'effluents, caractérisés par une puissance résiduelle de 23 W.

En CNT sans ensoleillement, aucun flux thermique n'est appliqué.

En CNT, l'ensoleillement (densité de flux) suivant est appliqué 24 h / 24 h, de façon pénalisante par rapport aux dispositions réglementaires (12 h / 24 h, d'après [1]), soit :


- 800 W/m<sup>2</sup> pour les surfaces planes horizontales tournées vers le haut ;
- 400 W/m<sup>2</sup> pour les surfaces latérales en position verticale, ce qui est conservatif, par rapport à l'insolation réglementaire [1] de 200 W/m<sup>2</sup> pour ce type de surfaces verticales pendant le transport.

En CNT, l'absorptivité solaire pour les surfaces de l'emballage soumises à l'ensoleillement est égale à 0,4 (valeur enveloppe par rapport à une valeur égale à 0,2 pour les acier). L'émissivité des tôles externes de l'emballage est prise égal à 0,2.

En CAT, l'état initial du colis est le colis en CNT avec ensoleillement 24 h / 24 h. L'emballage est d'abord soumis à un flux thermique correspondant à un feu de température de flamme de 800°C pendant 30 minutes avec un coefficient d'émissivité égal à 1. Cette épreuve est suivie d'une phase de refroidissement. L'émissivité des surfaces extérieures de l'emballage est égale à 0,8 et une absorptivité égale à 0,8 a également été appliquée en phase de refroidissement

La modélisation de l'état endommagé du colis, suites aux épreuves mécaniques des CAT est la suivante :

- Tassement de 50% de la mousse phénolique en radial et en axial sur la base des résultats de l'étude mécanique ;

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 14/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			


- Localement, au niveau du capot au droit de la bride d'étanchéité et au niveau du fond, suppression totale de la mousse sur un diamètre de 150 mm correspondant à l'impact du poinçon, en cohérence avec les résultats de l'étude mécanique.

En CAT, deux configurations sont étudiées : le colis endommagé suite aux épreuves mécaniques des CAT, en position verticale (« debout »), ou en position horizontale (« couché »). En CNT, seule la position verticale est étudiée.

### 6.3 RESULTATS

Les divers calculs effectués montrent que :

- La concentration du volume des effluents dans un volume réduit (100 litres) n'a pas d'effet significatif sur le comportement thermique du colis.
- En CNT sans insolation, la température des surfaces extérieures du colis est de 41,9°C, donc inférieure au critère de 50°C.
- En CNT avec insolation :
  - la température maximale obtenue dans la résine est de 74,3°C, inférieure à sa température limite de stabilité neutronique de 200°C ;
  - la température maximale obtenue au niveau des joints d'étanchéité est de 74,1°C, inférieure à leur température limite d'utilisation de 140°C ;
  - la température moyenne maximale dans l'enveloppe de confinement est de 74,2°C.
- En CAT :
  - la température maximale atteinte par les joints d'étanchéité vaut 84°C, inférieure à leur limite d'utilisation de 140°C ;
  - la température maximale atteinte par le plomb vaut 117°C, ce qui est inférieur à sa température maximale d'utilisation de 246°C ;
  - la température atteinte par la résine reste majoritairement inférieure à 120°C, sans influence sur la fonction de sûreté exercée par la résine ;
  - la température moyenne maximale dans l'enveloppe de confinement est de 78°C.
- Le risque d'extrusion des joints de confinement et leur taux d'écrasement en CNT et en CAT sont maîtrisés. L'étanchéité du colis est garantie pour des températures  $\geq$  à -20°C.
- Lorsque la température ambiante prévue risque d'être inférieure à 0°C pendant le trajet ou lors de l'entreposage du colis chargé, un temps de transport maximal (DT) et un volume minimal d'effluents sont imposés.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 15/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## 7. ANALYSE DU CONFINEMENT

### 7.1 OBJECTIFS

L'objet de ce paragraphe est de démontrer que le modèle de colis satisfait aux exigences et critères réglementaires, issus de la réglementation applicable du présent dossier de sûreté, relatifs aux taux admissibles de relâchement de radioactivité.

Selon les exigences issues de la réglementation applicable, les taux maximaux admissibles de relâchement d'activité d'un colis de type B sont :

- en CNT :  $10^{-6} A_2/h$  ;
- en CAT :  $1 A_2/semaine$ .

### 7.2 DONNEES D'ENTREE

Les contenus sont caractérisés par une concentration volumique maximale d'activité de  $10^5 A_2/m^3$ .

Les calculs de relâchement sont menés pour une fuite liquide. En effet, le relâchement par voie gazeuse est négligé compte tenu de son caractère non significatif par rapport au relâchement par voie liquide. L'augmentation de pression dans l'emballage retenue dans l'analyse prend en compte la pression hydrostatique de l'eau, la pression de vapeur saturante, la production de gaz par radiolyse et les températures atteintes en CNT et CAT issues de l'analyse thermique.

### 7.3 RESULTATS

Les calculs de relâchement réalisés montrent qu'afin de garantir que les taux maximaux de relâchement d'activité ne dépassent pas les limites réglementaires pour un colis de type B, le flux de fuite normalisé admissible  $Q_{SHeLR}$  doit être au maximum de  $4,5 \cdot 10^{-7} Pa \cdot m^3 \cdot s^{-1} SHeLR$  (approximation pénalisante de la valeur calculée).

Par conséquent, ce taux d'étanchéité doit être vérifié par un test à l'hélium avant chaque transport.


## 8. ANALYSE DE LA RADIOPROTECTION

### 8.1 OBJECTIFS

L'objectif de ce paragraphe est de démontrer que le modèle de colis satisfait aux exigences réglementaires de radioprotection imposant la limitation de l'intensité de rayonnement autour du colis et du véhicule de transport pour les contenus décrits au § 4.

Les critères réglementaires de débit d'équivalent de dose (DeD) pour le transport sont rappelés ci-après ([1] et [2]) :



	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 16/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- En CTR :
  - 2 mSv/h au contact du colis (10 mSv/h sous-utilisation exclusive) ;
  - 2 mSv/h au contact du moyen de transport (parois latérales du véhicule) ;
  - 0,1 mSv/h à 2 mètres des surfaces latérales du véhicule ;
- En CAT :
  - 10 mSv/h à 1 mètre de la surface externe du colis.

De plus, suite aux épreuves CNT, l'augmentation du DeD maximal à la surface externe du colis ne doit pas dépasser 20%.

## 8.2 DONNEES D'ENTREE

La source radioactive est décrite par un terme source équivalent gamma et par un terme source équivalent neutrons ; les deux termes contribuent à l'intensité de rayonnement autour du colis.

L'activité bêta, gamma est couverte par l'une ou l'autre des définitions de source suivantes :

- une émission gamma mono-énergétique de 0,8 MeV à 100 %, d'activité volumique  $3 \cdot 10^4$  TBq/m<sup>3</sup>.
- une émission gamma de 1,17 MeV à 100 % et 1,33 MeV à 100 %, d'activité volumique 80 TBq/m<sup>3</sup>. Cette émission est caractéristique de celle du <sup>60</sup>Co.

Le terme source neutron est défini sur la base d'un mélange d'émetteurs neutroniques (Pu, Am, Cm) contenus dans des combustibles irradiés de type UOX et MOX. La source neutrons est ainsi construite sur la base d'un mélange de 80 g de Pu, de 65 g d'Am et de 2,7 g de Cm.

Cette source peut se présenter de plusieurs manières :


- en distribution homogène dans le volume d'effluents ;
- en ségrégation sur les parois du réservoir, formant un dépôt de 50 mm d'épaisseur au droit du contenu ;
- en précipitation au fond dans un volume liquide de 60 litres.

En CTR, l'emballage reste intègre. En CNT, un tassement généralisé de 5,6 % de la mousse phénolique d'amortissement (en axial coté fond et en radial) est considéré.

En CAT, les dommages cumulés pris en compte par l'analyse de radioprotection sont les suivants :

- localement, au niveau de l'impact avec le poinçon :
  - perforation de la tôle d'habillage externe et de la mousse phénolique sur le diamètre du poinçon (15 cm) ;
  - tassement de 10 mm du plomb au fond et 7 mm en latéral du colis ;
  - remplacement de la tôle anti-poinçonnement et de la résine neutrophage par de l'air sur un diamètre de 15 cm ;



	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 17/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- en dehors de l'impact avec le poinçon :
  - un tassement généralisé pénalisant de 60 % de la mousse phénolique d'amortissement (en axial coté fond et en radial) ;
  - un tassement généralisé de 1 mm du plomb.

Lorsque le colis est retourné (en CNT et CAT), les effluents peuvent pénétrer dans le jeu de montage du bouchon en plomb du réservoir et dans la tate du coffret électrique (La conception de l'emballage interdit la pénétration d'effluents dans le puits d'accès).

L'étude effectuée utilise le code de calcul TRIPOLI-4.8.

### 8.3 RESULTATS

Les calculs mettent en évidence que les DED dus aux neutrons sont négligeables devant ceux dus aux gammas. Les résultats de l'analyse radioprotection couvre ainsi un mélange de 310 g de Pu, de 180 g d'Am et de 2,7 g de Cm.

En CTR, les critères réglementaires sont respectés en tout point. Le DeD maximal au contact du colis (1,930 mSv/h) reste inférieur au critère de 2 mSv/h. Le DeD maximal à 2 m du colis (0,067 mSv/h) reste inférieur au critère de 0,1 mSv/h.

En présence d'une source homogène, le critère de non augmentation de l'intensité maximale du rayonnement de plus de 20% est respecté. Une augmentation du DeD d'au maximum 1,3 % est constatée en CNT.

Enfin, en CAT, le DeD maximal à 1 m du colis (1,223 mSv/h) est très inférieur au critère réglementaire de 10 mSv/h.

## 9. ANALYSE DE LA SURETE-CRITICITE


### 9.1 OBJECTIFS

Ce paragraphe justifie la sous-criticité du modèle de colis LR144 chargé d'effluents aqueux de très haute activité décrits au § 4.

Conformément à la réglementation, trois configurations doivent être étudiées :

- colis isolé résultant des épreuves simulant les CNT et les CAT. Dans ce cas, le colis est réfléchi de toutes parts par 20 cm d'eau ;
- réseau de 5N colis en CNT réfléchi par 20 cm d'eau ;
- réseau de 2N colis en CAT réfléchi par 20 cm d'eau ; la modération entre les colis est quelconque.

N.B. : N représente le nombre de colis maximal admissible sur le moyen de transport.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 18/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## 9.2 DONNEES D'ENTREE

Un réseau infini de colis en CAT a été modélisé pour couvrir les configurations 5N colis en CNT et 2N colis en CAT.

L'étude a été réalisée avec le code TRIPOLI-4.3.2. Les critères d'admissibilité retenus pour cette étude sont :

- $k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0,94$  pour le colis isolé ;
- $k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0,97$  pour le réseau de colis.

La réflexion de la matière fissile est assurée par 30 cm d'<sup>238</sup>U (épaisseur saturante) et de l'eau. Une étude complémentaire prend en compte la présence d'une masse maximale de 1 kg de béryllium dans le contenu.

Les hypothèses de modélisation de l'emballage sont les suivantes :

- les capots amortisseurs, la mousse phénolique et l'acier d'habillage externe sont supposés avoir disparu intégralement suite aux épreuves mécaniques des CAT ;
- la résine neutrophage est supposée avoir disparu totalement (épaisseur conservée et remplacée par un brouillard d'eau de densité variable) ;
- en colis isolé, l'épaisseur de plomb est l'épaisseur nominale (avant chute), soit 125 mm autour de la cuve et 120 mm en partie supérieure, ce qui maximise la réflexion ;
- pour le réseau de colis, l'épaisseur de plomb est de 100 mm uniformément (hypothèse de tassement du plomb consécutif aux épreuves mécaniques des CAT), ce qui maximise les échanges neutroniques entre colis et est donc pénalisant.


## 9.3 RESULTATS

### 9.3.1 Colis isolé

Les résultats de la configuration « colis isolé » sont présentés dans le tableau ci-dessous. Le cas le plus pénalisant est obtenu lorsque :

- la matière fissile est centrée dans la cavité ;
- la matière fissile est réfléchiée par 30 cm d'<sup>238</sup>U ;
- la cavité interne est remplie d'eau (de densité 1).

Milieu fissile	Masse	$k_{\text{eff}}$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$	Optimum de modération (H/X)	Critère
<sup>239</sup> Pu	310 g	0,937	0,940	900	≤ 0,94
<sup>235</sup> U	520 g	0,936	0,940	450	

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 19/25
		Réf. : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		Chrono : SGPE/GAET 2021-297	
		Date : 09/06/2021	Indice : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

Pour le milieu fissile le plus pénalisant, soit 100%  $^{239}\text{Pu}$ , la prise en compte de 1 kg de béryllium en tant que réflecteur est étudiée, sans effet significatif sur la réactivité.

Il est à noter qu'en cas de mélange de  $^{239}\text{Pu}$  et d'  $^{235}\text{U}$  vérifiant l'inégalité ci-dessous, le critère d'admissibilité est également respecté.

$$\frac{M(^{235}\text{U})}{520} + \frac{M(\text{Pu})}{310} \leq 1 \quad \text{masses } M(^{235}\text{U}) \text{ et } M(\text{Pu}) \text{ exprimées en g}$$

### 9.3.2 Réseau infini de colis

Les résultats de la configuration « réseau infini de colis » sont présentés dans le tableau ci-dessous. Le cas le plus pénalisant est obtenu lorsque :

- la matière fissile est dans un « coin » de la cavité (matière fissile décentrée, au fond de la cavité interne de l'emballage et contre la paroi) ;
- la matière fissile est réfléchiée par 30 cm d' $^{238}\text{U}$  ;
- la cavité interne est remplie d'eau (de densité 1) ;
- la résine est remplacée par de l'air.

Milieu fissile	Masse	$k_{\text{eff}}$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$	Optimum de modération (H/X)	Critère
$^{239}\text{Pu}$	310 g	0,947	0,950	900	$\leq 0,97$
$^{235}\text{U}$	520 g	0,948	0,951	450	

### 9.3.3 Conclusion

La masse maximale admissible de matière fissile du modèle de colis LR144 chargé d'effluents aqueux de très haute activité doit respecter l'inégalité suivante :


$$\frac{\text{masse}(^{235}\text{U})}{520} + \frac{\text{masse}(\text{Pu})}{310} \leq 1 \quad \text{masses } M(^{235}\text{U}) \text{ et } M(\text{Pu}) \text{ exprimées en g}$$

La masse maximale de béryllium ne doit pas excéder 1 kg.

Dans ces conditions, l'indice de sûreté-criticité (ISC) vaut : 0.

## 10. ANALYSE DES AUTRES RISQUES

L'objet de ce paragraphe est de démontrer que le modèle de colis constitué de l'emballage LR144 chargé de son contenu admissible permet de prévenir les risques suivants :

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 20/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- le risque lié aux dégagements de gaz inflammables et leur accumulation dans le ciel de l'enceinte de confinement ;
- le risque de corrosivité du contenu.

## 10.1 RISQUE LIE AU DEGAGEMENT GAZEUX


Le risque lié au dégagement gazeux est entraîné par la production des gaz inflammables et leur accumulation dans le volume libre de l'enveloppe de confinement. Le phénomène responsable de la production des gaz est la radiolyse du contenu aqueux.

D'une manière générale, le risque lié à la radiolyse du contenu est maîtrisé :

- soit par la limitation de la puissance thermique du contenu en fonction du volume du contenu et du temps de transport afin de maintenir la concentration en hydrogène dans l'emballage en dessous de la limite inférieure d'explosivité LIE ;
- soit par l'inertage à l'azote du ciel de l'emballage associé à la limitation de la puissance thermique du contenu en fonction du volume du contenu et du temps de transport afin de maintenir la concentration en oxygène dans l'emballage inférieure à la CLO (Concentration Limite en Oxygène en dessous de laquelle un mélange oxygène / gaz explosif / gaz d'inertage (azote) est non explosible). Cet inertage ne concerne que le contenu n°2.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- le rayonnement à l'origine de la radiolyse de l'eau est considéré comme étant uniquement composé de rayonnement alpha ; en outre, la fraction de radiations ionisantes déposée dans le matériau radiolysé est égale à 1 ;  
un volume libre minimal de la cavité interne de 440 litres, correspondant au volume de ciel de réservoir dans le cas du volume maximal des effluents de 1 m<sup>3</sup>. De manière pénalisante, le volume libre du puits d'accès dans lequel l'expansion des gaz est possible, n'est pas pris en compte ;
- tous les gaz produits migrent directement, de façon pénalisante, vers le volume libre de l'emballage (absence de re-dissolution dans l'eau) ;
- l'enveloppe de confinement est supposée fermée ;
- la température du contenu est prise égale à :
  - 75°C en CNT (> 74,2°C, température maximale de l'enveloppe de confinement en CNT calculée dans l'analyse thermique) ;
  - 85°C en CAT (> 78°C, température maximale de l'enveloppe de confinement en CAT calculée dans l'analyse thermique) ;
- la limite inférieure d'explosivité LIE de l'hydrogène est prise égale à :
  - 3,65 % en CNT (correspondant à la température de 75°C) ;
  - 3,58 % en CAT (correspondant à la température de 85°C) ;

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 21/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- la concentration limite en oxygène (CLO) est prise égale à :
  - 3,75 % en CNT (correspondant à la température de 75°C) ;
  - 3,6 % en CAT (correspondant à la température de 85°C).

Pour que la concentration d'hydrogène maximale évaluée reste inférieure à sa LIE, à l'issue de la période de transport de 7 + AL + DT jours, les puissances thermiques alpha ( $P_\alpha$ ) et beta-gamma ( $P_{\beta,\gamma}$ ) du contenu n°1 doivent satisfaire à l'inéquation suivante :

$$P_\alpha + \frac{1}{3,5} \times P_{\beta,\gamma} < \frac{155 - 108 \times V_{contenu}}{7 + AL + DT}$$

Pour que la concentration de dioxygène maximale évaluée reste inférieure à sa CLO, à l'issue de la période de transport de 7 + AL + DT jours, les puissances thermiques alpha ( $P_\alpha$ ) et beta-gamma ( $P_{\beta,\gamma}$ ) du contenu n°2 doivent satisfaire à l'inéquation suivante :

$$P_\alpha + \frac{1}{3,5} \times P_{\beta,\gamma} < \frac{238 - 166 \times V_{contenu}}{7 + AL + DT}$$

Avec :

- 7 le nombre de jours d'aléas CAT ;
- AL le nombre de jours d'aléas CNT (3 jours en transport interne, 7 jours en transport national et 15 jours en transport intracontinental) ;
- DT la durée de transport en jours.


Dans ces conditions, les deux contenus transportés avec l'emballage LR 144 ne sont pas susceptibles de créer les conditions favorables à l'inflammation du dihydrogène produit par radiolyse de l'eau.

## 10.2 RISQUE LIE A LA CORROSIVITE DU CONTENU

La compatibilité chimique entre les différents matériaux de l'emballage et les contenus a été étudiée pour chacun des composants de l'emballage. Plusieurs programmes de qualification avec des milieux acides et halogénés ont été menés. Ils ont permis de valider le comportement des aciers URANUS 76N au contact des contenus de l'emballage.

Le caractère corrosif des contenus n°1 à n°2 n'est pas de nature à remettre en cause les caractéristiques physiques, chimiques ou dimensionnelles des composants de l'emballage.

Pour le sous-contenu C, afin de garantir l'absence de corrosion localisée significative, la durée du transport (DT) du colis est limitée à 30 jours. De plus, une concentration minimale en acide nitrique de 0,3 mol/L est imposée afin de garantir la passivité du matériau de cuve.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 22/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

## 11. EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'EMBALLAGE

### 11.1 INSTRUCTIONS D'UTILISATION

Avant le premier transport en actif, il est nécessaire de vérifier que les deux dispositifs de suivi de corrosion, comportant chacun trois coupons soudés et trois coupons non soudés numérotés, sont présents en fond de cuve. L'état initial des coupons doit être établi par un laboratoire de contrôle.

Lors de chaque transport :

- les effluents doivent être brassés avant chargement dans l'emballage ;
- les vis doivent être serrées et desserrées en appliquant une procédure du type « serrage/desserrage en étoile » à chaque chargement et déchargement de l'emballage ;
- les éléments mécaniques de l'emballage (vis, anneaux de levage, raccords...) doivent être en bon état et fonctionnels.

Lors d'un chargement, un double contrôle du niveau d'effluents présents dans l'emballage est effectué. La bonne fermeture des vannes manuelles du système de remplissage et de mise à l'air est également vérifiée.

Après une vidange, un double rinçage de la cuve est réalisé ; le premier avec de l'acide nitrique et le deuxième avec de l'eau.

En cas de transport d'un emballage vidé, la réalisation du test d'étanchéité n'est pas requise si l'enceinte de confinement n'a pas été ouverte depuis le précédent test d'étanchéité.


Les opérations de chargement et de déchargement sont détaillées dans une notice d'utilisation de l'emballage rédigée afin de guider les utilisateurs lors de l'exploitation (cf 12.3).

### 11.2 INSTRUCTIONS DE MAINTENANCE

Trois types de contrôle sont à effectuer sur ce modèle d'emballage :

- les contrôles de petite maintenance ;
- les contrôles de grande maintenance ;
- les contrôles spécifiques des coupons de corrosion lorsque la concentration en acide nitrique des effluents transportés est supérieure à 3 mol/l.

Les résultats des inspections effectuées ainsi que la liste des composants remplacés sont consignés dans des rapports archivés durant tout le cycle de vie de l'emballage.

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 23/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

### 11.2.1 Contrôles de petite maintenance

L'emballage doit faire l'objet d'un suivi et d'un entretien périodique pour une petite maintenance tous les 3 ans ou tous les 40 cycles.

Les points de contrôle ou les actions à mener sont les suivants :

- remplacer tous les joints de confinement et d'étanchéité cuve-puits ;
- contrôler le bon état et le bon fonctionnement des différentes parties amovibles ou mobiles de l'emballage (capot, couvercle, tape d'inertage, tape connecteurs, bouchon de plomb, raccords, vannes manuelles) ;
- inspecter en détail les taraudages et les vis ;
- contrôler visuellement l'état des bouchons fusibles équipant la tôle d'habillage du corps et du capot ;
- contrôler l'étanchéité de l'enveloppe de confinement;
- contrôler l'étanchéité cuve-puits ;
- vérifier l'ensemble des fonctions mécaniques (absence de déformations anormales des organes d'arrimage et de manutention : zone d'inserts taraudés et anneaux de manutention, visserie d'arrimage...);
- contrôler les systèmes de mesure de niveau continu et discontinu, de mesure de pression, d'oxygène ;
- lors de la première petite maintenance uniquement, examiner les coupons de l'un des dispositifs de suivi de corrosion prélevé en fonds de cuve.


### 11.2.2 Contrôles de grande maintenance

L'emballage doit faire l'objet d'un suivi et d'un entretien périodique tous les 6 ans ou 80 cycles. En plus des actions de petite maintenance, cet entretien de grande maintenance comporte :

- un examen des coupons de l'un des dispositifs de suivi de corrosion prélevé en fonds de cuve ;
- un contrôle visuel et télévisuel de la cavité interne et de toutes les surfaces et composants internes accessibles (vis-à-vis du risque d'éventuels départs de corrosion) ;
- un remplacement de tous les joints ;
- un contrôle des soudures de l'enveloppe de confinement ;
- un test d'étanchéité de type « mille-bulles » des bouchons fusibles équipant le corps et le capot ;
- un remplacement de la visserie du couvercle et de la tape de confinement.

### 11.2.3 Contrôles spécifiques des coupons de corrosion

Dans le cas où la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l, les contrôles sur les coupons de corrosion doivent être réalisés :

	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 24/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTEL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

- après un an de durée de contact de ces effluents avec l'acier de la cuve ;
- au plus tard 3 ans après le premier transport d'effluents dont la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l si la durée de contact d'un an n'a pas été atteinte.

## 12. SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA QUALITE

Afin de garantir que les pièces de l'emballage LR144 présentent un niveau de qualité suffisant vis-à-vis des exigences de sûreté, un programme d'assurance qualité est établi pour :

- la conception ;
- la fabrication ;
- les épreuves et l'établissement des documents ;
- l'utilisation ;
- la maintenance ;
- les opérations de transport.

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

### 12.1 CONCEPTION

Les études de conception, ainsi que les études de sûreté, développées vis-à-vis du modèle de colis, ont été réalisées selon des organisations en accord avec la norme ISO 9001.


### 12.2 FABRICATION

La fabrication de l'emballage dans le cadre de la norme ISO 9001 donne lieu à la fourniture d'un dossier constructeur où apparaissent notamment les certificats matière, les soudures et contrôles associés, les essais, les contrôles dimensionnels, les pesées, les non conformités et les certificats de conformité par équipement réalisé.

### 12.3 UTILISATION

Les responsabilités des différentes unités impliquées dans l'utilisation de l'emballage sont définies par écrit avec leurs interfaces respectives.



	<b>DIFFUSION ORDINAIRE</b>  <b>Ne pas diffuser sans autorisation de l'émetteur</b>	DSS	Page 25/25
		<u>Réf.</u> : CEA/DES/DDSD/DTL/SGPE/GAET/ LR144/DSS 000004 Ind. 01	
		<u>Chrono</u> : SGPE/GAET 2021-297	
		<u>Date</u> : 09/06/2021	<u>Indice</u> : 01
Démonstration de sûreté de l'emballage LR144			

L'expéditeur ou l'utilisateur doit être prêt à fournir à l'autorité compétente les moyens de faire des inspections pendant l'utilisation, et à lui prouver que tous les emballages sont inspectés périodiquement et, le cas échéant, réparés et maintenus en bon état de sorte qu'ils continuent à satisfaire à toutes les prescriptions et spécifications pertinentes, même après usage répété.

Une notice d'utilisation permet une utilisation satisfaisante de l'emballage. Elle décrit de manière précise les règles à observer lors des principales opérations afin que toutes les étapes liées au transport s'effectuent conformément aux exigences de sûreté. Ces étapes sont :

- l'ouverture de l'emballage ;
- le remplissage ;
- l'inertage de la cuve et du puits ;
- la vidange ;
- la fermeture de l'emballage ;
- les contrôles avant expédition.

## 12.4 MAINTENANCE

Les modalités de maintenance et d'inspection du modèle d'emballage sont définies par une spécification technique de maintenance. Elle permet de s'assurer du bon déroulement des opérations de maintenance.

## 13. CONCLUSION

Le modèle de colis constitué par l'emballage LR144 chargé de son contenu est conforme à la réglementation applicable aux colis de type B transporté par voie routière :

- les essais de chute et simulations numériques garantissent la tenue mécanique de l'emballage et du système de confinement ;
- la température de surface externe est inférieure à 85°C en CNT ;
- le confinement de la matière radioactive est maintenu aux pressions et températures atteintes en CNT et CAT ;
- le modèle de colis respecte les critères réglementaires de relâchement d'activités en CNT et CAT ;
- les débits équivalents de dose calculés en CTR, CNT et CAT sont inférieurs aux limites réglementaires ;
- le modèle de colis respecte les critères de sûreté-criticité ;
- les risques liés à la radiolyse et à la corrosivité des matières transportées sont maîtrisés ;
- les instructions d'utilisation sont détaillées dans une notice ;
- les contrôles en maintenance sont définis dans une spécification technique de maintenance.