

IDENTIFICATION DS-CERCA01-0100	REVISION 1.0	Framatome Fuel framatomeme
NOMBRE TOTAL DE PAGES : 20		
CERCA01 Chapitre 1 : Dossier Public		
INFORMATION ADDITIONNELLE : Dossier Public/CERCA01		

PROJET	CERCA01	DISTRIBUTION	BUT DE LA DISTRIBUTION
CLASSIFICATION	Restricted Framatome		
CATEGORIE	LRP - Licensing Report		
STATUT	DES		

This document is electronically approved. Records regarding the signatures are stored in the fsanpexp Documentum docbase. Any attempt to modify this file may subject employees to civil and criminal penalties.		EDRMS object Id. : 090121678196267f Released date (Western EU time) : 2025/04/25 16:40:16	
Role	Name	Date (YYYY/MM/DD)	Organization
Writer	BEQUIN Julie	2025/04/18 14:19:47	FSO
Reviewer	ROUPIOZ Patricia	2025/04/23 10:52:37	FS
Approver	MONDAIN Marc	2025/04/25 16:40:16	FSO

AUTRES DONNEES :	Classification Export AL: N ECCN: N Les marchandises portant la désignation "AL inégal N" sont soumises à la réglementation européenne ou allemande en matière de contrôle des exportations au sein ou hors de l'UE. Les marchandises portant la désignation "ECCN inégal N" sont soumises à la réglementation américaine. Les marchandises portant les désignations "AL:N" ou "ECCN:N" peuvent, selon la destination ou l'utilisation finales du produit, également être soumises à autorisation. Export classification AL: N ECCN: N Goods labeled with "AL not equal to N" are subject to European or German export authorization when being exported within or out of the EU. Goods labeled with "ECCN not equal to N" are subject to US reexport authorization. Even without a label, or with label "AL: N" or "ECCN: N", authorization may be required due to the final whereabouts and purpose for which the goods are to be used. Exportkennzeichnung AL: N ECCN: N Die mit "AL ungleich N" gekennzeichneten Güter unterliegen bei der Ausfuhr aus der EU bzw. innergemeinschaftlichen Verbringung der europäischen bzw. deutschen Ausfuhrgenehmigungspflicht. Die mit "ECCN ungleich N" gekennzeichneten Güter unterliegen der US-Reexportgenehmigungspflicht. Auch ohne Kennzeichen, bzw. bei Kennzeichen "AL: N" oder "ECCN: N", kann sich eine Genehmigungspflicht, unter anderem durch den Endverbleib und Verwendungszweck der Güter, ergeben.
CONTROLE DES MODIFICATIONS : Ce document, quand il est révisé, doit être vérifié et approuvé par les régions suivantes:	France: Y USA: N Allemagne: N

Ce document et son contenu sont protégés par les dispositions du code de la propriété intellectuelle. Il ne peut être reproduit, modifié, transmis à tout tiers, exceptées aux sociétés affiliées de Framatome SAS, ou publié, en tout ou partie, sans l'accord écrit préalable de Framatome SAS. Toute réexportation du document ou d'une partie de son contenu est soumise à l'accord écrit préalable de Framatome SAS. Ce document et toute information qu'il contient ne doivent en aucun cas être utilisés à d'autres fins que celles pour lesquelles ils ont été communiqués. Tout acte de contrefaçon ou tout manquement aux obligations ci-dessus est passible de poursuites judiciaires. © Framatome SAS

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 2/20		

REVISIONS

REVISION	DATE	NOTES
Ancienne référence : 12561-B-12		
0	03/00	Création du document
Ancienne référence : DOS-09-00140735-001		
0	04/09	Modifications formelles Ajout de la possibilité de transporter les contenus 3 et 4 sous couvert d'un agrément de type AF Mise à jour de la réglementation applicable
1	01/14	Mise à jour de la réglementation applicable Mise à jour des généralités suite aux révisions du DOS
Ancienne Référence : DOS-18-014611-001		
1.0	12/18	Refonte totale du chapitre vers une version publique du dossier de sûreté Suppression des contenus n°4 et 8 Mise à jour de la réglementation applicable.
Nouvelle référence : DS-CERCA01-0100		
1.0	Voir 1 ^{ère} page	Mise à jour de la version de la réglementation applicable Ajout de logiciel pour les analyses d'ovalisations des paniers et contenus Ajout du logiciel pour la détermination des débits de dose

NOMS DE MARQUE

AFA 3G, M5, M5_{Framatome}, Q12, MONOBLOC, TRAPPER, AGORA, HTP, HMP et **FUELGUARD** sont des marques ou des marques enregistrées de Framatome ou de ses filiales, aux USA ou dans d'autres pays.

N° DS-CERCA01-0100	Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	
Classification: Restricted Framatome	Page 3/20		

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
2. DESCRIPTION ET DEFINITIONS.....	4
2.1. DESCRIPTION DU COLIS	4
2.2. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE	4
2.3. DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS INTERNES ET DES CONTENUS	6
2.4. ENCEINTE DE CONFINEMENT	7
2.5. BILAN DES MASSES	7
3. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MÉCANIQUE	8
3.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE.....	8
3.2. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT	8
3.3. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT	8
4. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE.....	11
4.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE.....	12
4.2. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT	12
4.3. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT	13
5. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE RADIOPROTECTION.....	14
5.1. DÉBITS D'ÉQUIVALEMENT DE DOSE À 3 M DE LA MATIÈRE NON-PROTÉGÉE	15
5.2. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE.....	15
5.3. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT	16
6. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SURETÉ-CRITICITÉ	16
6.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE ET EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT.....	16
6.2. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT	18
7. INSTRUCTION D'UTILISATION DE L'EMBALLAGE	19
8. PROGRAMME D'ENTRETIEN PÉRIODIQUE	19
9. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ	20
10. RÉFÉRENCES	20

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 4/20		

1. INTRODUCTION

L'objet de ce chapitre est de décrire les caractéristiques de performances du colis CERCA 01, destiné au transport par voie routière, ferroviaire ou maritime d'assemblages, d'éléments ou de plaques combustibles neufs à base d'uranium, en tant que colis de type A ou IP-3 contenant des matières fissiles au regard de la réglementation [1].

L'emballage CERCA 01 doit desservir un grand nombre de réacteurs de recherche et d'installations du cycle du combustible. Il a donc été conçu de manière à pouvoir être manipulé et transporté selon plusieurs configurations.

Les paragraphes ci-après présentent des résumés détaillés des différents chapitres du dossier de sûreté du modèle de colis CERCA 01.

2. DESCRIPTION ET DEFINITIONS

2.1. DESCRIPTION DU COLIS

Le combustible nucléaire est constitué de plaques combustibles, d'éléments combustibles ou d'assemblages. Ces combustibles sont issus de la fabrication sur l'usine CERCA.

De forme générale cylindrique, le colis est illustré au paragraphe 2.2, en position verticale.

Les principales dimensions sont les suivantes :

- Longueur hors tout de l'emballage : 2089 mm,
- diamètre hors tout 980 mm,
- diamètre externe du corps 675 mm.

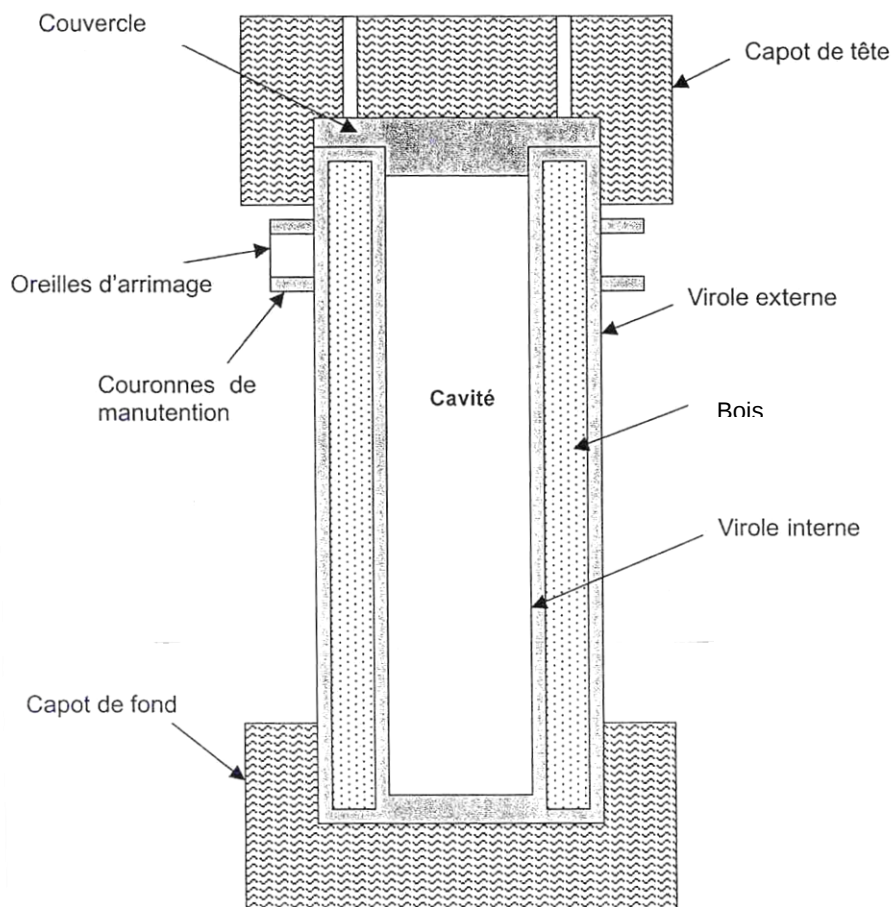
Le colis CERCA 01 est transportable par voie terrestre (routier ou ferroviaire) ou maritime.

2.2. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

L'emballage, de forme générale cylindrique, est formé d'un corps, d'une partie avant, d'une partie arrière et de 2 capots amortisseurs.

Le corps délimite une cavité cylindrique et est constitué successivement :

- d'une enveloppe interne en tôle d'acier inoxydable,
- d'une protection thermique en bois,
- d'une enveloppe externe en tôle d'acier inoxydable comportant les éléments de manutention et d'arrimage.



La partie avant est constituée d'une bride en acier inoxydable, soudée aux viroles interne et externe, qui reçoit le couvercle. La partie arrière est constituée d'un fond en acier inoxydable soudé à la virole.

Le couvercle est fixé par des vis sur la bride avant. Il est équipé de deux soupapes de sécurité. Un pion de centrage est prévu pour faciliter sa mise en place.

Deux capots, formés d'une enveloppe en acier inoxydable et remplis de balsa, sont placés aux extrémités de façon à amortir l'emballage en cas de chute. Le capot de tête est assemblé sur la bride par des vis ; le capot de fond est soudé au corps de l'emballage.

Les organes de manutention et d'arrimage sont constitués de :

- deux couronnes en acier inoxydable placées sur la partie supérieure de la virole externe. La couronne inférieure permet la manutention de l'emballage à l'aide d'un chariot élévateur. Entre ces deux couronnes, 4 oreilles d'arrimage sont positionnées.
- trois plots taraudés sont placés sur les tubes de passage des vis du capot pour placer des oreilles amovibles de levage et ainsi permettre une manutention verticale de l'emballage.

Pendant le transport, l'emballage est arrimé en position verticale par les oreilles d'arrimage.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 6/20		

2.3. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS INTERNES ET DES CONTENUS

Du fait de la grande diversité des contenus transportés dans l'emballage CERCA 01, trois types d'aménagements internes appelés « paniers » peuvent être utilisés dans cet emballage.

Les fonctions principales des paniers sont :

- positionner et maintenir les éléments combustibles en conditions normales et accidentelles de transport ;
- maintenir la sous-criticité, grâce à l'utilisation d'un absorbant neutronique.

Les paniers RHF et FRM II possèdent une conception similaire. Le panier est constitué de deux viroles en acier inoxydable concentriques dont l'écartement est maintenu par des renforts en acier inoxydable. La virole intérieure délimite le logement où prend place l'élément combustible. La virole intérieure est constituée d'une partie inférieure et d'une partie supérieure avec un diamètre plus important pour s'adapter à la forme des éléments combustibles. Un absorbant neutronique est positionné entre les deux viroles. Une plaque de polyéthylène est vissée en partie inférieure du panier. Le panier RHF diffère du panier FRM II par la taille du logement.

Le panier multi-éléments est constitué d'une structure en acier inoxydable au milieu de laquelle est positionné un absorbant neutronique. La structure délimite six alvéoles dans lesquelles peuvent prendre place des éléments combustibles. Une plaque de polyéthylène est vissée en partie inférieure du panier.

Six contenus sont admissibles dans l'emballage CERCA 01 :

- contenu n°1 : assemblage RHF non-irradié dans un panier RHF (matière LSA-III) ;
- contenu n°2 : assemblage FRM II non-irradié dans un panier FRM II (matière LSA-III) ;
- contenu n°3 : éléments combustibles à plaques non-irradiés dans un panier multi-éléments (matière LSA-III) ;
- contenu n°5 : plaques combustibles non-irradiées dans un panier RHF ou FRM II (matière LSA-III) ;
- contenu n°6 : plaques combustibles non-irradiées dans panier multi-éléments (matière LSA-III) ;
- contenu n°7 : éléments combustibles à plaques non-irradiés dans un panier multi-éléments (Type A).

Les contenus sont constitués d'éléments combustibles à plaques ou de plaques combustibles non-irradiés chargés dans un panier avec éventuellement des cales. Les éléments combustibles à plaques sont constitués de plaques cintrées et assemblées entre deux viroles ou de plaques assemblées en réseau carré ou rond.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 7/20		

Les différents contenus peuvent être calés si nécessaire avec un matériau plastique moins hydrogéné que l'eau de telle sorte que l'ensemble puisse garantir le maintien du contenu dans son logement.

Les éléments combustibles peuvent être conditionnés dans des housses en matériau plastique moins hydrogéné que l'eau.

Les plaques combustibles peuvent être conditionnées dans des housses ou des boîtes en matériau plastique plus ou moins hydrogéné que l'eau

Des absorbeurs d'humidité peuvent être présents dans le conditionnement de l'élément ou dans le logement du panier.

Les contenus autorisés limitent les paramètres importants pour la sûreté et qui sont utilisés dans le dossier de sûreté, en particulier :

- la géométrie de l'assemblage,
- l'enrichissement en ^{235}U ,
- la composition isotopique du combustible,
- la puissance thermique maximale dégagée par l'assemblage.

2.4. ENCEINTE DE CONFINEMENT

Le confinement de l'emballage est délimitée par :

- La virole interne,
- Le fond,
- La bride,
- Le couvercle maintenu par des vis.

2.5. BILAN DES MASSES

Le tableau ci-dessous présente les masses des principaux composants du colis CERCA 01 en configuration de transport.

Eléments	Masses maximales (kg)
Corps (y compris capot de fond)	619
Couvercle	121
Capot de tête	110
Masse de l'emballage vide	920
Chargement maximum	570
Masse de l'emballage chargé	1490

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 8/20		

3. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MECANIQUE

3.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Tenue à la pression

La virole interne, le fond soudé, le couvercle sont dimensionnés selon le CODAP afin de vérifier la tenue de l'enceinte de confinement aux épreuves et prescriptions réglementaires pour l'épreuve d'immersion dans l'eau à une pression extérieure d'au moins 150 kPa.

Arrimage et manutention

L'emballage peut être manutentionné en position verticale à l'aide d'anneaux de levage ou par sa couronne. La tenue des systèmes de manutention sont vérifiées en considérant une sur-évaluation de la masse de l'emballage ainsi qu'un coefficient de levage à « l'arraché ».

La tenue des oreilles d'arrimage ainsi que leur tenue en fatigue sont vérifiées en considérant les accélérations pénalisantes des différents modes de transport envisagés.

Dispositif de fermeture

La tenue du dispositif de fermeture aux chocs et aux vibrations est justifiée.

Capot amortisseur

Le capot est équipé d'une soupape de sécurité permettant le dégazage à partir de 0,1 bar. La résistance du capot amortisseur à une pression différentielle de 0,1 bar est justifiée.

3.2. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Les analyses de sûreté étudient l'épreuve réglementaire de chute libre de 1,2 m de hauteur. Ces chutes ont été testées physiquement et sont décrites au paragraphe 3.3 Les autres épreuves réglementaires (gerbage, aspersion et pénétration d'une barre) sont sans impact sur la sûreté du colis.

Endommagements :

Les capots amortisseurs ne subissent pas de dégradation significative lors de l'épreuve de chute libre.

3.3. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Ensemble des chutes étudiées

Les configurations de chutes étudiées sont :

- 3 chutes sur poinçon de 1 mètre,
- 2 chutes de 9 mètres.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		

Les séquences de chutes retenues pour être testées physiquement sont celles maximisant les dommages possibles sur les éléments de l'enceinte de confinement.

Principe de définition de la maquette de chute

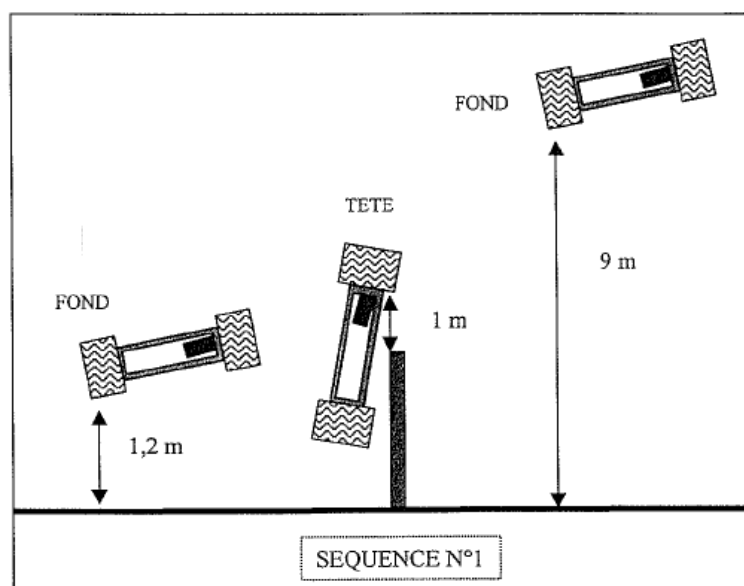
Les épreuves de chutes ont été réalisées avec une maquette du modèle de colis à l'échelle 1.

Résultats des chutes

Les séquences de chutes ont été réalisées telles que décrit ci-après.

Conformément à la réglementation, à l'intérieur d'une séquence de chutes, aucune modification ou aucun changement de composant n'est possible. Cependant, certains composants sont changés entre deux séquences (capots, vis, ...).

Première séquence

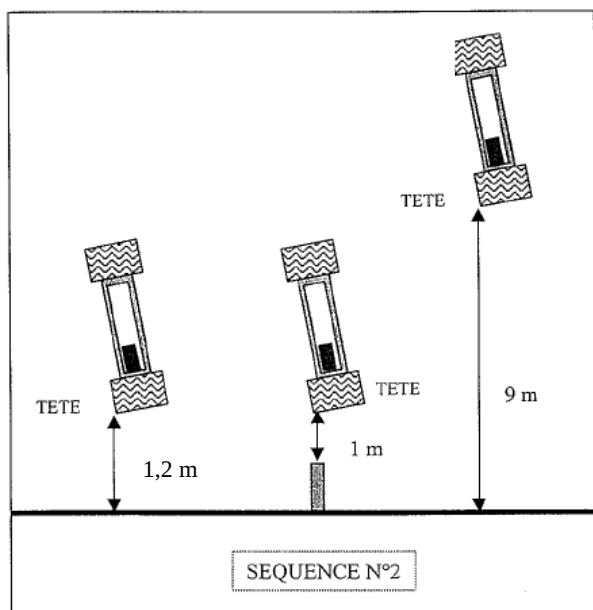


La première séquence est composée d'une chute latérale de 1,2 m avec fouettement suivie d'une chute sur poinçon de 1 m impactant le capot de tête et d'une chute latérale de 9 m avec fouettement. Cette séquence permet de tester la tenue du capot et du système de fermeture ainsi que le non-impact des oreilles de manutention et du support de manutention.

Suite à la première chute, les soudures du capot ne se sont pas déchirées. La deuxième chute a poinçonné la tôle, sans rupture de celle-ci, ni des soudures. La dernière chute a engendré 4 petites déchirures sur le capot. Le capot s'est écrasé.

Après la première séquence de chute, les vis du capot sont intactes ainsi que leurs tubes de passage.

Deuxième séquence

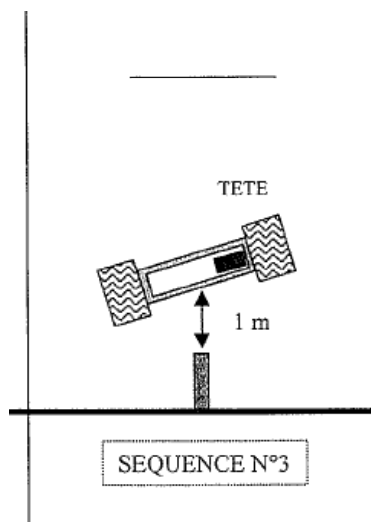


La deuxième séquence est composée d'une chute de 1,2 m suivie d'une chute sur poinçon de 1 m et d'une chute axiale de 9 m impactant toutes les trois l'arête cylindrique du capot de tête. Cette séquence permet de vérifier l'écrasement du capot et de solliciter son système de fermeture.

La première chute a engendré une légère déformation du capot sans déchirure. La deuxième chute a entraîné une augmentation de la déformation du capot ainsi que le cisaillement du passage de vis le plus proche de l'impact. La déformation du capot est encore augmentée suite à la troisième chute.

Suite à cette deuxième séquence, trois passages de vis ont flambé, 3 déchirures sont visibles sur la face intérieure du capot de tête. Les vis du capot se sont desserrées.

Troisième séquence



N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 11/20		

La troisième séquence est composée d'une chute sur poinçon de 1 m impactant la virole. Cette chute permet de vérifier la résistance de la virole externe.

Suite à cette chute, deux enfoncements sont mesurés au droit des deux impacts. Le poinçon n'a pas perforé la cavité mais l'aménagement interne n'a pas pu être retiré.

Compléments basés sur les essais

Des analyses complémentaires ont été réalisées sur la base des chutes pour :

- le traitement des signaux accélérométriques issus des chutes,
- une analyse numérique des chutes oblique et latérale en température,

La modélisation numérique permet d'analyser le comportement du modèle de colis en chute à basse température (-40°C), à l'aide du logiciel de calcul LS-DYNA et traitée par le logiciel LS-PREPOST.

- des analyses analytiques (dans le cas d'une chute axiale) et numériques (dans le cas d'une chute latérale) du comportement mécanique des aménagements internes,

Les modélisations numériques utilisées pour définir l'ovalisation des paniers lors d'une chute latérale sont réalisées à l'aide des logiciels I-DEAS et ANSYS APDL.

La tenue mécanique des aménagements internes est justifiée en conditions accidentelles de transport. L'amplification dynamique associée à la chute axiale ou à la chute latérale est prise en compte dans cette démonstration.

- des analyses analytiques et numériques du comportement mécanique des contenus.

Les modélisations numériques utilisées pour définir l'ovalisation des contenus lors d'une chute latérale sont réalisées à l'aide des logiciels I-DEAS et ANSYS APDL.

La tenue mécanique des éléments combustibles et assemblages est justifiée en conditions accidentelles de transport.

4. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE

L'analyse est réalisée à l'aide du logiciel I-DEAS utilisant un modèle numérique représentant le colis (emballage et panier). Le calcul thermique est réalisé selon la méthode des volumes finis avec le module TMG interfacé avec I-DEAS.

Les principales hypothèses et simplifications du modèle sont :

- un demi-modèle est réalisé compte tenu de la symétrie du modèle de colis.
- le contenu n'est pas modélisé. La puissance du contenu est directement appliquée sur les parois de l'aménagement interne.
- l'aménagement interne RHF est retenu pour les calculs car il possède la plus faible inertie.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 12/20		

4.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

L'analyse de thermique du colis CERCA01 en conditions de transport de routine n'est pas réalisée. En effet, cette analyse est couverte par celle en conditions normales de transport.

4.2. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les principales caractéristiques des différents contenus influant sur les études thermiques sont :

- la puissance thermique,
- la position dans la cavité de la longueur active.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

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

- les matériaux et la géométrie du panier,
- les matériaux et la géométrie de l'emballage.

Hypothèses importantes pour l'étude

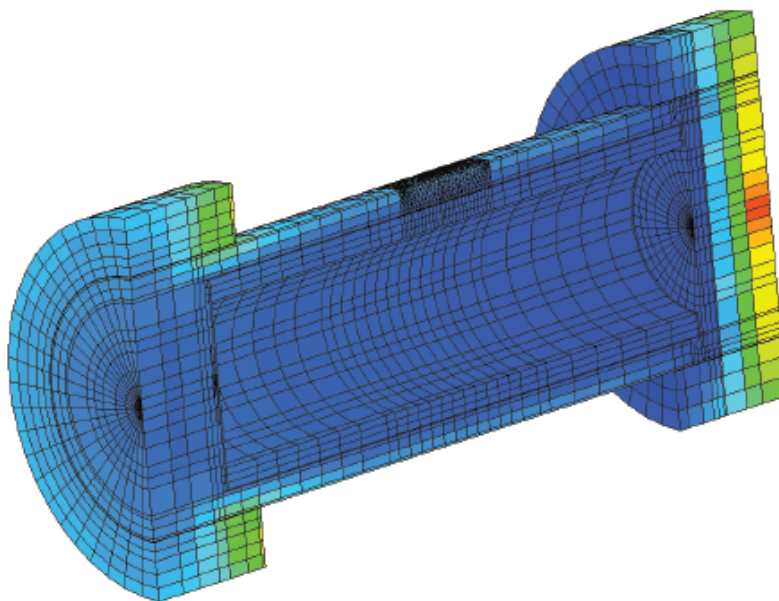
Les principales hypothèses utilisées sont :

- la température ambiante réglementaire,
- l'ensoleillement réglementaire.

Résultats de l'étude

Le champ de températures (exemple représenté sur la figure ci-après) dans le colis est utilisé dans les différentes parties du dossier de sûreté.

N° DS-CERCA01-0100	Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome	Page 13/20		



En conditions normales de transport, la température des composants sensibles à la température sont compatibles avec leur critère d'intégrité ; en particulier, le polymère des bouchons fusibles, le polyéthylène de la plaque de protection du couvercle et des paniers ainsi que l'absorbant neutronique des paniers pour lesquels la température maximale reste inférieure à leur température d'utilisation.

4.3. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les calculs tiennent compte des endommagements suivants :

- écrasement généralisé des capots de 70% résultant des chutes présentées au paragraphe 3.3.
- poinçonnement de la virole externe avec écrasement local maximal de 72% du contreplaqué résultant des chutes présentées au paragraphe 3.3.

Hypothèse importante pour l'étude

La principale hypothèse utilisée est :

- la température ambiante réglementaire de 800°C pendant 30 minutes autour du colis.

Différentes configurations envisagées

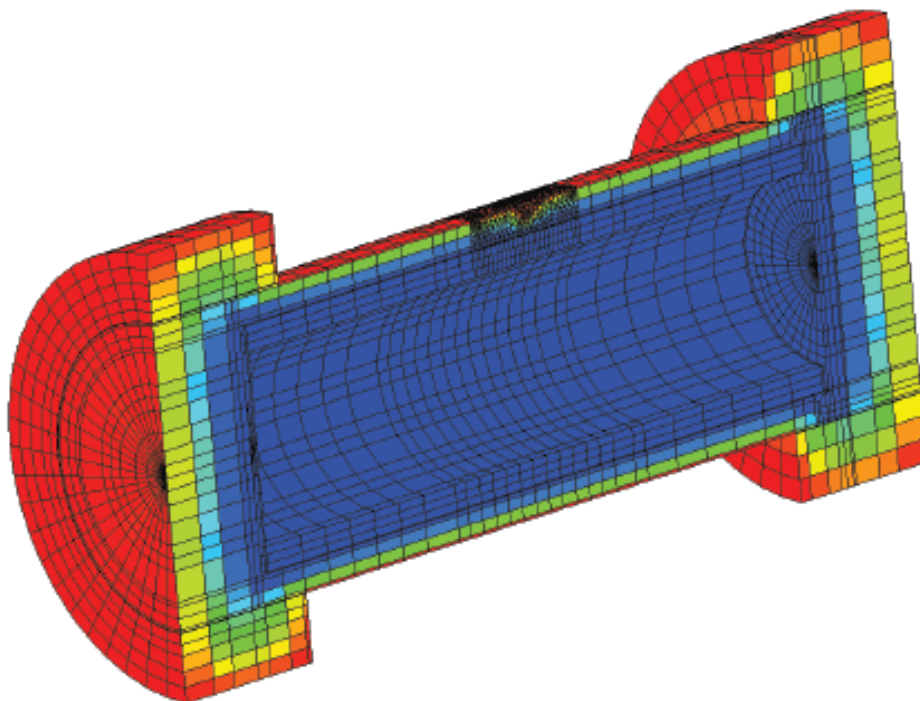
Les épreuves réglementaires relatives aux conditions accidentelles de transport peuvent conduire à modifier la position du contenu dans l'emballage. Une étude d'influence du jeu radial entre l'aménagement interne et la cavité de l'emballage au droit de l'impact du poinçon est menée en conséquence.

N° DS-CERCA01-0100	Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	
Classification: Restricted Framatome	Page 14/20		

Par ailleurs, une étude de sensibilité sur la position de l'emballage (verticale ou horizontale) est menée pour déterminer la position la plus pénalisante vis-à-vis des échanges dans la partie courante.

Résultats de l'étude

Le champ de températures (exemple représenté sur la figure ci-après) dans le colis est utilisé dans les différentes parties du dossier de sûreté.



En conditions accidentelles de transport, la température des composants sensibles à la température sont compatibles avec leur critère d'intégrité ; en particulier, le polymère des bouchons fusibles, ainsi que le polyéthylène de la plaque de protection du couvercle et des paniers ainsi que l'absorbant neutronique des paniers pour lesquels la température maximale reste inférieure à leur température d'utilisation.

5. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE RADIOPROTECTION

Le colis doit respecter les limites de débit d'équivalent de dose (DeD) suivantes en conditions de transport de routine, soit un débit d'équivalent de dose inférieur à 2 mSv/h au contact des parois du colis.

De plus, il est nécessaire de vérifier les critères suivants :

- le débit d'équivalent de dose à 3 m de la matière non-protégée ne dépasse pas 10 mSv/h afin de justifier le classement de la matière LSA-III des contenus 1, 2, 3, 5 et 6.
- à l'issue du cumul des épreuves réglementaires des conditions normales de transport, l'intensité de rayonnement maximale à la surface du colis n'augmente pas de plus de 20 %.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 15/20		

5.1. DEBITS D'EQUIVALEMENT DE DOSE A 3 M DE LA MATIERE NON-PROTEGEE

Les informations issues du retour d'expérience des mesures effectuées sur site, permettent de déterminer un ordre de grandeur de ce débit d'équivalent de dose.

Les résultats montrent que les débits d'équivalent de dose à 3 m de la matière non-protégée sont très inférieurs à 10 mSv/h.

Il est donc possible d'affirmer que le critère réglementaire est respecté.

5.2. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE

Dans le cas du transport des éléments RHF HEU, FRM-II et standards, les calculs de débits d'équivalent de dose gamma ont été menés à l'aide du code MERCURE 5 version 5.3 qui traite des géométries tridimensionnelles et qui intègre des noyaux ponctuels d'atténuation en ligne droite par une technique de Monte-Carlo dans l'approximation multi-groupe. Les calculs de débits d'équivalent de dose neutronique ont été réalisés à l'aide du code de calcul qualifié ANISN qui résout l'équation de Boltzmann à une dimension en géométrie cylindrique, plane ou sphérique par la méthode des ordonnées discrètes.

Pour le cas du transport de l'élément RHF LEU, le code MCNP version 1.6 qui simule le transport de particules et les processus nucléaire de manière probabiliste, a été utilisé pour déterminer les débits d'équivalents de dose. La bibliothèque de données nucléaires utilisée pour simuler les interactions est ENDF/B VII.1.

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les principales caractéristiques utilisées sont les suivantes :

- les dimensions et la position dans la cavité des contenus,
- la masse des différents radioéléments présents,

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

La protection contre les rayonnements est assurée par la nature et l'épaisseur des matériaux de l'emballage ainsi que des aménagements internes.

Le blindage radial est principalement formé par :

- la couche d'absorbant neutronique de l'aménagement interne,
- la virole interne en acier de l'emballage,
- la couche de bois de l'emballage,
- la virole externe en acier de l'emballage.

Le blindage axial en tête est principalement formé par le couvercle.

Résultats de l'étude

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 16/20		

Le respect des critères de débit d'équivalent de dose en conditions de transport de routine est garanti pour le contenu radioactif maximal de chacun des contenus.

5.3. EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

La géométrie de l'emballage est conservée en conditions normales de transport. L'intégrité de la protection radiologique n'est pas remise en cause, et il n'y a pas de modification de la position du contenu dans les conditions normales de transport. Par conséquent, le débit d'équivalent de dose en conditions normales de transport n'augmente pas de plus de 20 %, par rapport au débit d'équivalent de dose en conditions de transport de routine.

6. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SURETE-CRITICITE

La sûreté-criticité doit être assurée, suivant la réglementation pour :

- le colis isolé en conditions de transport de routine (c'est-à-dire tel que présenté au transport),
- le colis isolé en conditions normales de transport (c'est-à-dire résultant des épreuves réglementaires des conditions normales de transport,
- le colis isolé en conditions accidentelles de transport (c'est-à-dire résultant du cumul des épreuves réglementaires des conditions normales de transport et des conditions accidentelles de transport,
- l'agencement de 5 N colis (N étant le nombre permettant de définir la valeur du coefficient réglementaire – Criticality Safety Index, CSI) en conditions normales de transport,
- l'agencement de 2 N colis en conditions accidentelles de transport.

Le critère de sous-criticité retenu pour un colis isolé ou pour un réseau de colis est :

$$k_{\text{eff}} < 0,95 \text{ (toutes incertitudes comprises).}$$

Méthode de calcul

Les calculs ont été effectués avec le schéma de calcul APOLLO2-MORET4 (standard du formulaire CRISTAL).

6.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE ET EN CONDITIONS NORMALES DE TRANSPORT

Les résultats en conditions de transport de routine sont couverts par les résultats en conditions normales de transport.

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les principales caractéristiques utilisées sont les suivantes :

- nombre de plaques combustibles,
- enrichissement maximal en ^{235}U ,
- masse d'U total maximal par plaque,
- hauteur fissile,
- proportion volumique du mélange aluminium/eau des parties non-fissiles des plaques,

N° DS-CERCA01-0100	Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome	Page 17/20		

- composition du plâtre neutrophage.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Le système d'isolement est constitué par :

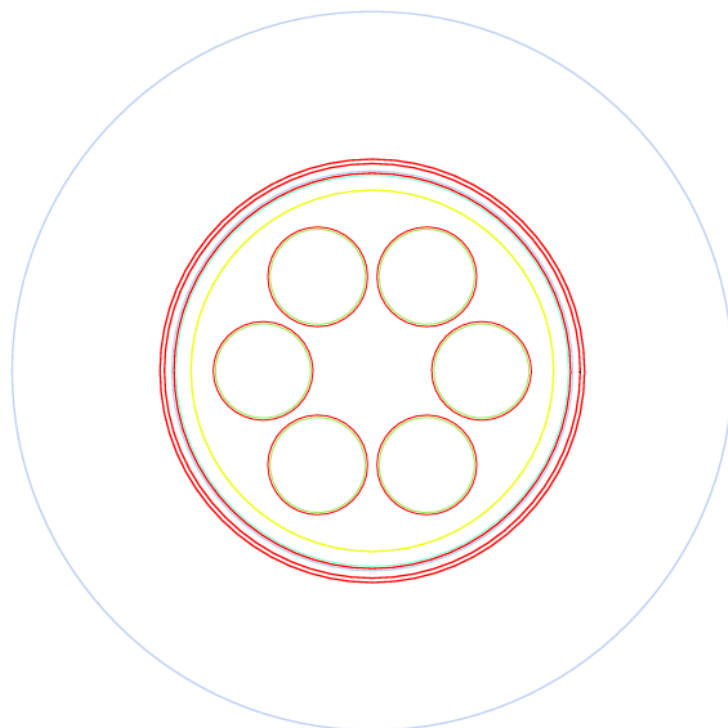
- l'emballage : virole interne en acier, virole externe, couvercle et fond en acier.
- l'aménagement interne considéré (panier RHF, FRM II ou multi-éléments) : le/les logement(s) interne(s) en acier, le plâtre neutrophage et la virole externe en acier,
- le contenu.

Colis isolé

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le colis est entouré radialement par 20 cm d'eau,
- l'épaisseur de bois est remplacée par de l'eau,
- les jeux entre l'aménagement interne et l'emballage,
- la couronne d'eau à l'intérieur de la cavité.



Exemple d'un modèle
représentant le panier
multi-éléments

Résultats de l'étude

Pour tous les contenus, la sous-criticité du colis isolé en conditions normales de transport est assurée.

Réseau de colis

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 18/20		

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- pour le contenu n°1, nombre de réseau N = 2 et indice de criticité CSI de 25,
- pour le contenu n°2, nombre de réseau N infini et indice de criticité CSI de 0,
- pour le contenu n°3, nombre de réseau N = 10 et indice de criticité CSI de 5,
- pour le contenu n°5, nombre de réseau N infini et indice de criticité CSI de 0,
- pour le contenu n°6, nombre de réseau N infini et indice de criticité CSI de 0,
nombre de réseau N = 10 et indice de criticité CSI de 5,
- pour le contenu n°7, nombre de réseau N infini et indice de criticité CSI de 0,
- le réseau est entouré radialement par 20 cm d'eau,
- l'épaisseur de bois est modélisée par de l'eau ou de l'air,
- l'espace libre entre colis est rempli d'air.

Résultats de l'étude

Pour tous les contenus, la sous-criticité du réseau de colis en conditions normales de transport est assurée.

6.2. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Colis isolé

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le colis est entouré radialement par 20 cm d'eau,
- la perte totale de l'épaisseur de bois,
- une épaisseur d'absorbant neutronique est remplacée par de l'air.

Résultats de l'étude

Pour tous les contenus, la sous-criticité du colis isolé en conditions accidentelles de transport est assurée.

Réseau de colis

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le réseau est entouré radialement par 20 cm d'eau,
- la perte totale de l'épaisseur de bois,
- l'épaisseur d'absorbant neutronique est remplacée par de l'air.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 19/20		

Résultats de l'étude

Pour tous les contenus, la sous-criticité du réseau de colis en conditions accidentelles de transport est assurée.

7. INSTRUCTION D'UTILISATION DE L'EMBALLAGE

L'emballage est conçu pour être chargé et déchargé verticalement à sec.

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

- les combustibles chargés doivent respecter l'ensemble des caractéristiques techniques définies par le contenu autorisé.
- la bonne fermeture (couple de serrage des vis) du couvercle et du capot.
- la mise en place des scellés.
- la vérification de la non-contamination de l'emballage en conformité avec les limites réglementaires.
- le contrôle des débits d'équivalence de dose autour du colis en conformité avec les limites réglementaires.
- la mise en place de l'étiquetage réglementaire.

8. PROGRAMME D'ENTRETIEN PÉRIODIQUE

Le programme d'entretien prévu au cours de l'utilisation de l'emballage est défini en fonction de deux types de périodicité suivant les composants importants pour la sûreté : au transport et la durée d'utilisation.

Le programme d'entretien comprend notamment :

- le contrôle de l'état des composants des systèmes vissés (couvercle, capot) afin de vérifier le maintien de leurs fonctions de sûreté.
- le contrôle des éléments assurant la manutention et l'arrimage du colis et du capot,
- le contrôle de l'étanchéité des capots, et de l'enceinte de confinement (test d'aspersion).

Tout emballage présentant un ou des composants ne satisfaisant pas aux critères spécifiés dans le programme d'entretien est mis hors service jusqu'à ce que l'action corrective appropriée soit effectuée.

Tout composant devenu non-conforme peut être réparé ou accepté en l'état si une analyse complémentaire démontre que cela ne remet pas en cause les conclusions du dossier de sûreté. Dans le cas contraire, le composant doit être remplacé.

N° DS-CERCA01-0100 Rev. 1.0	LRP - Licensing Report	framatome
Classification: Restricted Framatome		
Page 20/20		

9. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ

Les réglementations de transport en vigueur à la date du présent chapitre font obligation d'appliquer des programmes d'assurance de la qualité pour :

- la conception,
- la fabrication et les épreuves,
- l'utilisation,
- la maintenance,
- le transport.

des colis de matières radioactives.

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

10. RÉFÉRENCES

- [1] Règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA – Collection normes de sûreté SSR-6 (Edition 2018)

Les règles de conception et d'épreuves de l'édition 2018 du Règlement de l'AIEA englobent celles des règlements applicables suivants :

- Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR),
- Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID),
- Code maritime international des marchandises dangereuses de l'Organisation Maritime Internationale (code IMDG de l'OMI),
- Arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (arrêté TMD),
- Règlement de sécurité des navires (RSN), annexé à l'arrêté du 23 novembre 1987 modifié relatif à la sécurité des navires, division 411.