


Orano TN DOSSIER DE SÛRETÉ Emballage TN 117	Diffusion limitée Orano - Autorités CHAPITRE 00 – ANNEXE 1		 orano
	Préparateur / signature	Date	
	Vérificateur / signature	Date	
Identification : DOS-19-022380-005		Version : 1.0	Page 1 / 14

TN International

DESCRIPTION ET PERFORMANCES DU MODÈLE DE COLIS TN 117

Sommaire

État des révisions / versions	2
1. OBJET	3
2. DESCRIPTIONS ET DÉFINITIONS	3
3. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MÉCANIQUE	5
4. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE	6
5. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE CONFINEMENT	8
6. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE RADIOPROTECTION	9
7. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SÛRETÉ-CRITICITÉ	11
8. CONDITIONS D'UTILISATION	13
9. PROGRAMME D'ENTRETIEN PÉRIODIQUE	14
10. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ	14
11. RÉFÉRENCES	14

État des révisions / versions

Rév. ou Version	Date	Objet et historique des révisions	Préparé par / Vérifié par
1.0		Création du document	

1. OBJET

L'objet de ce chapitre est de décrire les caractéristiques des performances du modèle de colis TN[®]117, destiné au transport par voie routière, ferroviaire ou maritime et chargé :

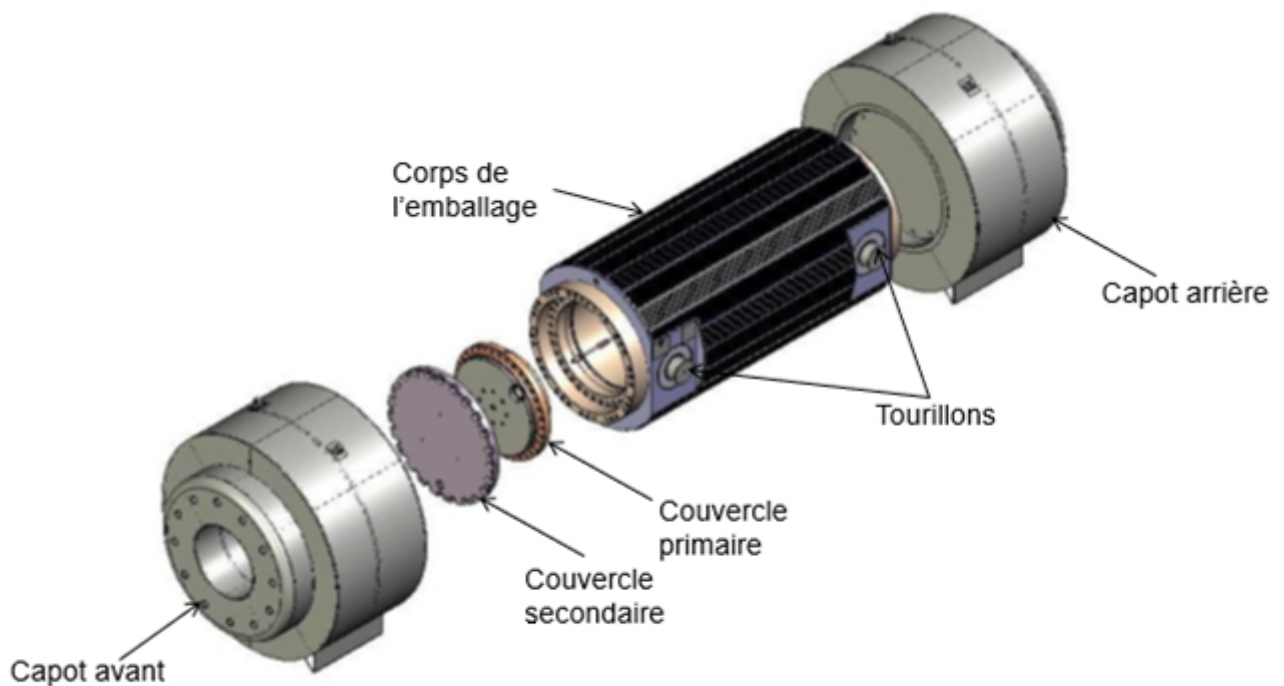
- d'assemblages combustibles à oxyde d'uranium ou oxyde mixte (MOX) de type REP ou REB irradiés ou non,
 - de carquois contenant des crayons ou tronçons de crayons combustibles irradiés ou non, issus d'assemblages REB,
 - d'assemblages combustibles cruciformes à oxyde d'uranium de type REP irradiés ou non,
- en tant que colis de type B(U) et B(M) contenant des matières fissiles au regard de la réglementation <1>.

2. DESCRIPTIONS ET DÉFINITIONS

2.1. Description du colis

Le modèle de colis TN[®]117 permet le transport à sec d'assemblages combustibles irradiés ou non provenant du cœur d'un réacteur à eau légère (REP ou REB). Ces assemblages combustibles sont constitués de crayons combustibles assemblés en réseau. Le colis permet également le transport de carquois contenant des crayons ou tronçons de crayons combustibles irradiés ou non provenant du cœur d'un réacteur à eau légère.

Le colis est de forme cylindrique. Il est illustré sur la figure ci-dessous :



Les dimensions hors-tout du colis sont :

- longueur : 6 980 mm,
- diamètre : 2 740 mm.

2.2. Description de l'emballage

Les principaux composants de l'emballage sont :

- Un corps en acier forgé, comportant une cavité interne, et muni, à l'extérieur, d'un blindage neutronique traversé par des conducteurs thermiques, d'une virole externe munie d'ailettes de refroidissement, de tourillons et de caissons protecteurs. Le corps forgé est composé de plusieurs parties (virole et fond) réunies par une soudure circulaire. Deux paires de tourillons vissés sur le corps (une en tête et une en fond) forment les points de préhension pour la manutention et l'arrimage de l'emballage.
- Un système de fermeture de la cavité interne est formé par un couvercle primaire en acier fixé au corps de l'emballage par des vis et un couvercle secondaire en acier, coiffant le couvercle primaire, fixé au corps de l'emballage par des vis. Des orifices équipés de joints élastomères traversent le couvercle primaire, permettant un accès à la cavité pour la réalisation d'opérations d'exploitation.
- Deux capots amortisseurs, un pour la protection du système de fermeture et un pour la protection du fond, fixés chacun par des vis. Ils sont constitués d'une structure en acier inoxydable remplie de balsa.

2.3. Enceinte de confinement

Le confinement est assuré par deux enveloppes de confinement :

- l'enveloppe primaire de confinement de l'emballage est constituée par :
 - la virole et son fond soudé,
 - le couvercle primaire et son joint interne en élastomère,
 - les deux tapes d'orifices et leurs joints internes en élastomère,
- l'enveloppe secondaire de confinement de l'emballage est constituée par :
 - la virole et son fond soudé,
 - le couvercle secondaire et son joint interne en élastomère,
 - la tape d'orifice et son joint interne en élastomère.

2.4. Barrières d'étanchéité

Toutes les ouvertures de l'enceinte de confinement de l'emballage TN[®]117 sont équipées pour offrir un double niveau de sécurité. En effet, toutes ces ouvertures sont prévues avec deux barrières d'étanchéité contrôlables, chacune d'elles étant constituée par deux joints élastomères délimitant un espace entre joints relié à un orifice de contrôle terminé par un bouchon de contrôle.

2.5. Système d'isolement

Le système d'isolement est constitué par :

- le contenu et ses caractéristiques tels que décrits au chapitre 0A, en particulier la masse de métal lourd et l'enrichissement du contenu radioactif,
- le corps et les deux barrières d'étanchéité (couvercles primaire et secondaire) décrites au §2.4.

2.6. Bilan des masses

La masse maximale autorisée de l'emballage TN[®]117 chargé en transport est de 65 200 kg. La masse maximale autorisée au transport est celle utilisée de façon générique dans les études de sûreté.

3. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE MÉCANIQUE

Les chapitres 1 et 1A et leurs annexes présentent l'ensemble des analyses mécaniques du modèle de colis TN[®]117.

3.1. Conditions de transport de routine

Tenue à la pression

L'enveloppe de confinement est justifiée selon les règles de calcul des codes ASME Section III Division 1 Sous-section NE. L'enceinte de confinement est soumise aux sollicitations suivantes :

- pression interne de l'enceinte de confinement,
- accélérations en manutention, en arrimage et en transport,
- ensoleillement et gradients thermiques maximums du contenu,
- phénomènes liés aux cycles de sollicitations (de pression, de température, de vibrations et de chocs).

La conformité au code ASME des différents éléments constituant l'enceinte de confinement est vérifiée.

Arrimage et manutention

L'emballage est muni de deux tourillons en tête et deux tourillons en fond utilisables pour sa manutention verticale et horizontale ainsi que pour son arrimage sur des supports appropriés fixés au moyen de transport.

La tenue mécanique des tourillons et vis de fixation des tourillons est justifiée pour des chargements statiques (en manutention et en arrimage), ainsi qu'à la fatigue suite au cumul des cycles de sollicitation en transport et en manutention.

Les études permettent de justifier la tenue des tourillons pour une utilisation de 50 ans.

Résistance des structures annexes

La tenue mécanique des structures annexes de l'emballage TN[®]117 est vérifiée, à savoir :

- caisson externe de résine et caisson de résine de bouchon,
- capots de protection de tête et fond ainsi que leurs oreilles de manutention,
- couvercles primaire et secondaire lors de leur manutention.

Toutes les contraintes dans les structures annexes citées ci-dessus sont inférieures aux limites admissibles pour tous les cas de chargement envisagés.

Résistance de l'aménagement interne

La résistance de l'aménagement interne aux sollicitations mécaniques et contraintes thermiques rencontrées en conditions de transport de routine ainsi que sa libre dilatation dans la cavité sont vérifiées.

3.2. Conditions normales de transport

Les analyses de sûreté en conditions normales de transport sont couvertes par les analyses de sûreté en conditions accidentelles de transport. Les autres épreuves réglementaires (gerbage, aspersion et pénétration d'une barre) ne modifient pas les performances du colis.

Endommagements

L'emballage ne subit pas de dommage susceptible de nuire ni au confinement du contenu ni à l'efficacité du blindage et le panier maintient sa géométrie lors de l'épreuve de chute libre.

3.3. Conditions accidentelles de transport

Le comportement de l'emballage TN[®]117 dans les conditions accidentelles de chutes réglementaires est justifié par des études de similitudes avec les composants d'essais de chutes de maquettes.

Conformément à la réglementation pour les colis contenant des matières fissiles, le colis doit subir le cumul des épreuves de chutes des conditions normales et accidentelles de transport.

Les essais de chute réalisés sur les maquettes ont permis de déterminer les accélérations maximales à prendre en compte dans les calculs complémentaires des démonstrations de sûreté de la résistance de l'emballage et de son aménagement interne, dans les conditions accidentelles de transport. Ces accélérations maximales sont déterminées pour les cas suivants :

- chute axiale,
- chute oblique,
- chute latérale.

Analyses complémentaires

Des modèles numériques ont permis de simuler des configurations de chutes, à l'aide du logiciel de calculs dynamique LS-DYNA. Ces analyses complémentaires, basées sur les épreuves de chute, ont permis d'étudier l'influence de diverses hypothèses d'environnement et conditions à l'intérieur de l'emballage.

Il a également été vérifié par des études que le risque de rupture fragile à -40°C est écarté, en particulier pour la virole forgée.

La tenue de l'emballage aux épreuves réglementaires d'immersion à une profondeur de 200 m pendant une heure et à une profondeur de 0,9 m pendant 8 heures est étudiée. L'intégrité des deux enceintes de confinement à l'issue de ces épreuves est démontrée.

4. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE THERMIQUE

Le chapitre 2 et ses annexes présentent l'ensemble des analyses thermiques du modèle de colis TN[®]117.

4.1. Conditions normales de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

La caractéristique utilisée dans cette étude est la puissance thermique maximale donnée dans la définition du contenu autorisé.

Les contenus du colis considérés pour l'analyse thermique couvrent l'ensemble des contenus autorisés.

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,
- la présence d'hélium dans la cavité,
- la virole en acier, son épaisseur,
- les conducteurs en cuivre, leur épaisseur,
- la géométrie des ailettes en cuivre.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- la température ambiante réglementaire,
- l'ensoleillement réglementaire appliqué de manière pénalisante 24h/24h.

Résultats de l'étude

La température maximale des joints d'étanchéité permet de justifier leur non-endommagement sur un nombre de cycles de transport compatible avec la fréquence de remplacement en maintenance. Par ailleurs, la dilatation des joints à fort taux de remplissage dans leur gorge entraîne un taux de remplissage maximal acceptable.

La température maximale de la résine neutrophage reste inférieure à sa limite d'utilisation.

4.2. Conditions accidentelles de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

La caractéristique utilisée dans cette étude est la puissance thermique maximale donnée dans la définition du contenu autorisé.

Les contenus du colis considérés pour l'analyse thermique sont les mêmes que ceux considérés dans les conditions normales de transport.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

L'analyse thermique du colis TN[®]117 en conditions accidentelles de transport est effectuée en considérant l'état du colis tel que considéré pour l'analyse thermique en conditions normales de transport en tenant compte de l'endommagement suivant dû à une chute de 1m sur poinçon :

- perforation du caisson périphérique du capot de tête à la hauteur du joint du couvercle secondaire suite à une chute sur poinçon.

Hypothèses importantes pour l'étude

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- application d'une température de 800°C pendant 30 minutes autour du colis conformément à la réglementation.
- Lors de la phase de refroidissement après feu, le colis est considéré en position horizontale, position pénalisante vis-a-vis des échanges dans la zone ailetée.

Méthode d'analyse

Le modèle est réalisé à l'aide du logiciel I-DEAS. Le calcul thermique est réalisé selon la méthode des volumes finis avec le module TMG interfacé avec I-DEAS.

Le calcul est réalisé en régime transitoire selon le synoptique suivant :

- Le champ de températures initial du colis est celui des conditions normales de transport ayant conduit aux températures les plus élevées pour les joints d'étanchéité du système de fermeture.
- Pendant la durée réglementaire de 30 minutes, le feu est simulé par :
 - une température ambiante réglementaire de 800°C,
 - un coefficient d'échange convectif représentatif d'une convection forcée sur l'ensemble des parois.

Les résultats intègrent l'influence du gradient circonferentiel.

Résultats de l'étude

La valeur maximale de température atteinte par les joints d'étanchéité permet de justifier leur non-endommagement. Par ailleurs, la dilatation des joints à fort taux de remplissage dans leur gorge entraîne un taux de remplissage maximal acceptable.

5. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE CONFINEMENT

Le chapitre 3A et ses annexes présentent l'ensemble des analyses de relâchement d'activité du modèle de colis TN[®]117 vide et chargé de ses contenus. L'enceinte de confinement est définie au §2.3.

Les critères réglementaires de relâchement d'activité sont vérifiés par calculs analytiques en suivant la méthodologie décrite dans la norme ISO 12807. Cette étude tient compte de :

- La perméation des gaz tritium (³H) et krypton (⁸⁵Kr) à travers les joints élastomères,
- Les fuites de gaz radioactifs,
- Les fuites de particules d'aérosols radioactives.

5.1. Conditions de transport de routine

En conditions de transport de routine, la pression d'utilisation normale maximale (MNOP) est négative ce qui prévient toute fuite vers l'extérieur.

5.2. Conditions normales de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les sources radioactives sont déterminées sur la base de caractéristiques couvrant l'ensemble des contenus autorisés.

Dans le cas d'un transport avec au moins un crayon inétanche au chargement, la quantité d'eau totale apportée par ce(s) crayon(s) est prise en compte.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude :

Les principales caractéristiques utilisées sont les suivantes :

- le taux de fuite de l'enceinte de confinement défini au chapitre 6A et vérifié avant expédition,
- la pression maximale de remplissage de la cavité définie au chapitre 6A,
- la pression de vapeur saturante due à la présence d'eau dans les crayons inétanches,
- les températures maximales des gaz et des joints issues du chapitre 2 et de ses annexes,
- le volume libre dans la cavité,
- la nature et la géométrie des joints des barrières d'étanchéité qui impactent les fuites par perméation.

Hypothèses importantes pour l'étude :

Les principales hypothèses utilisées sont les suivantes :

- le taux de crayons ruptés en conditions normales de transport est de 5 % (avec ou sans crayon inétanche au chargement) pour les combustibles usés REP 15x15 et REB 8x8 et de 100% pour les assemblages cruciformes et les carquois de crayons,
- la concentration maximale d'aérosols dans la cavité vaut 10⁻³ g/m³,
- le taux de relâchement des gaz de fission (RGF) est conforme aux recommandations de l'ASN,

Identification :

DOS-19-022380-005

Version : 1.0

Page 9 sur 14

- la pression externe du colis est de 0,6 bar,
- la durée de transport maximale autorisée est de 1 an pour les contenus sans crayon inétanche au chargement, et de 60 jours pour les contenus contenant au moins un crayon inétanche.

Résultats de l'étude :

Le critère réglementaire est respecté.

5.3. Conditions accidentelles de transport

Les différences principales avec les calculs en conditions normales de transport sont les suivantes :

- le taux de crayons ruptés en conditions accidentelles de transport est de 100%,
- les températures maximales des gaz et des joints sont issues des calculs thermiques en conditions accidentelles de feu.

Les résultats montrent une marge significative par rapport au critère réglementaire de 1 A₂ cumulé sur une semaine.

6. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE RADIOPROTECTION

Le chapitre 4A présente l'ensemble des évaluations des débits d'équivalent de dose autour du modèle de colis TN[®]117.

Les critères retenus de débit d'équivalent de dose (DED) couvrant les conditions réglementaires de transport sont les suivants :

– Conditions de transport de routine :

- 2 mSv/h en tout point de la surface externe du colis,
- 0,1 mSv/h à 2m de la surface externe du colis.

– Conditions normales de transport :

- l'intensité de rayonnement maximale en tout point de la surface externe du colis ne doit pas augmenter de plus de 20% suite aux épreuves des conditions normales de transport pour les contenus agréés selon <1>.

– Conditions accidentelles de transport :

- 10 mSv/h à 1 m de la surface externe du colis.

6.1. Conditions de transport de routineParamètres du contenu importants pour l'étude

L'étude est réalisée avec des contenus enveloppes du point de vue radioprotection. Les principales caractéristiques des contenus étudiés sont les suivantes :

	REP 15 x 15		REP cruciforme	REB 8 x 8		Carquois
Combustible	UO ₂	MOX	UO ₂	UO ₂	MOX	UO ₂
Taux de combustion moyen (MWj/t _{ML})	15 000 / 33 000	33 000	36 000	25 500	25 500	9 500

Identification :

DOS-19-022380-005

Version : 1.0

Page 10 sur 14

	REP 15 x 15		REP cruciforme	REB 8 x 8		Carquois
Combustible	UO ₂	MOX	UO ₂	UO ₂	MOX	UO ₂
Durée de refroidissement (années)	20 / 30	22	33	29	29	40

Des profils d'irradiation pénalisants sont pris en compte.

L'activation des pièces d'embout des assemblages combustibles durant leur irradiation en réacteur est prise en compte.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

La protection contre les rayonnements ionisants est assurée par la nature et l'épaisseur des matériaux de l'emballage.

Le blindage radial est principalement formé par :

- la virole épaisse en acier,
- une couche de résine de blindage neutronique, traversée par des conducteurs en cuivre,
- une enveloppe externe en acier.

Le blindage radial, en dehors de la zone centrale, est principalement formé par :

- la virole épaisse en acier dont l'épaisseur est localement réduite au niveau du système de fermeture et sous les tourillons,
- des tourillons contenant un bloc de résine et leur couronne de résine protégée par une tôle d'acier recouvrant les têtes de vis.

Le blindage axial en tête est principalement constitué par :

- les parties massives en acier du système de fermeture (couvercles primaire et secondaire),
- la couche de blindage neutronique supplémentaire du couvercle primaire,
- le capot amortisseur en bois et sa structure en acier.

Le blindage axial en fond est principalement constitué par :

- le fond forgé,
- le capot amortisseur en bois et sa structure en acier.

Hypothèses importantes pour l'étude

Dans cette étude, l'effet du vieillissement en température de la résine a été pris en compte sur une durée d'utilisation de l'emballage de 20 ans en continu (chargement de la puissance maximale dans l'emballage pendant 20 ans).

Méthode de calcul

L'analyse de blindage du modèle de colis TN[®]117 est effectuée à l'aide des codes de calcul suivants :

- ORIGEN 2.1 pour le calcul des sources neutrons et gamma,
- APOLLO 2 pour les calculs d'activation des embouts des assemblages,
- TRIPOLI 4.3 pour le calcul des débits d'équivalent de dose.

Résultats de l'étude

Le colis TN[®]117 chargé des contenus enveloppes en radioprotection respecte les critères réglementaires de débit de dose des conditions de routine de transport.

6.2. Conditions normales de transport

Les chutes réglementaires des conditions normales de transport n'affectent pas les performances de blindage du colis TN[®]117 par rapport aux conditions de transport de routine.

Ainsi, l'augmentation des débits de dose due à la perte de l'intégrité de la protection radiologique suite aux épreuves des conditions normales de transport est inférieure à 20% en tout point de la surface externe du colis.

Le critère des conditions normales de transport est donc respecté.

6.3. Conditions accidentelles de transport

Paramètres du contenu importants pour l'étude

Les contenus étudiés sont les mêmes que ceux considérés pour les conditions de transport de routine.

Paramètres de l'emballage importants pour l'étude

Les calculs tiennent compte des hypothèses pénalisantes suivantes :

- la résine (radiale et au niveau du bouchon), le balsa des caissons et les capots sont supposés avoir complètement disparus.

Résultats de l'étude

Le colis TN[®]117 chargé des contenus enveloppes en radioprotection respecte les critères de débit de dose réglementaires des conditions accidentelles de transport.

7. PERFORMANCES D'UN POINT DE VUE SÛRETÉ-CRITICITÉ

Le chapitre 5A présente l'ensemble des analyses de sûreté-criticité du modèle de colis TN[®]117.

La sûreté-criticité doit être assurée suivant la réglementation <1> pour :

- un colis isolé dans les conditions de transport de routine,
- un colis isolé dans les conditions normales de transport,
- un colis isolé dans les conditions normales de transport suivies des conditions accidentelles de transport,
- un réseau de 5N colis dans les conditions normales de transport (N : nombre permettant de définir la valeur du coefficient réglementaire – Criticality Safety Index CSI),
- un réseau de 2N colis dans les conditions normales de transport suivies des conditions accidentelles de transport.

Les critères de sous-criticité pénalisants retenus sont les suivants :

- $k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0,950$ pour le colis isolé, toutes incertitudes comprises,
- $k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0,980$ pour un réseau de colis, toutes incertitudes comprises.

La configuration colis endommagé est enveloppe de la configuration colis non endommagé. L'analyse de sûreté-criticité se limite au cas d'un colis isolé endommagé avec pénétration d'eau limitée.

Nota : on entend par colis « non endommagé » l'état du colis à l'issue des épreuves des conditions normales de transport. On entend par colis « endommagé » l'état du colis à l'issue des épreuves des conditions normales de transport suivies des épreuves des conditions accidentelles de transport.

7.1. Colis isolé

Géométrie du modèle

De façon très pénalisante, la géométrie étudiée pour les combustibles irradiés suppose :

- la disparition des matériaux de structure (panier, emballage, structure des assemblages) qui limitent la réactivité du colis par leur géométrie et la présence d'absorbant neutronique,
- la ruine totale du combustible sous forme de matière fissile, modélisée sous forme de sphère afin de minimiser les fuites neutroniques.

Milieu fissile

De manière pénalisante, les assemblages combustibles sont considérés totalement ruinés.

Seule la matière fissile est modélisée et dispersée sous forme d'un milieu homogène (matière fissile + eau) ou d'un milieu hétérogène sphérique composé de sphérules d'oxyde d'uranium ou de plutonium de rayons variables immergés dans l'eau.

La description hétérogène de la matière fissile permet de majorer la réactivité du colis.

Une masse maximale de métal lourd enveloppe du colis et l'enrichissement initial maximal avant irradiation du combustible sont considérés.

Pour les assemblages combustibles MOX, les teneurs initiales maximales en plutonium et le vecteur pénalisant sont considérés.

Hypothèses importantes pour l'étude

Le modèle d'emballage est constitué d'une barrière d'étanchéité réputée étanche à l'issue des épreuves réglementaires, dont les contrôles avant transport pour vérifier la bonne fermeture, le séchage et l'étanchéité sont renforcés pour se prémunir de l'erreur humaine et qui permet ainsi de considérer une introduction partielle d'eau dans la cavité.

La quantité maximale d'eau présente dans le colis prend en compte les origines suivantes :

- la quantité d'eau susceptible de pénétrer lors d'une immersion sous une hauteur d'eau de 15 m pendant 8 heures à l'issue des épreuves réglementaires des conditions normales de transport,
- la quantité d'eau susceptible de pénétrer lors d'une immersion sous une hauteur d'eau de 0,9 m pendant 1 semaine à l'issue des épreuves réglementaires des conditions accidentelles de transport,
- la quantité d'eau résiduelle potentiellement présente après le séchage de la cavité,
- la quantité d'eau présente dans les crayons inétanches au chargement.

Le colis étant isolé, il est entouré par une couronne d'eau de 200 mm d'épaisseur.

Des études complémentaires sont réalisées pour les combustibles irradiés, portant sur les configurations de chargement et déchargement sous eau afin de prendre en compte la présence d'eau dans tous les espaces libres de la cavité.

Méthode de calcul

Les calculs ont été réalisés avec le schéma de calcul APOLLO2-MORET4.

L'analyse de sûreté-criticité se déroule en deux parties :

- la première partie consiste en l'étude des milieux fissiles et des milieux de structure, un jeu de sections efficaces est alors déterminé pour chaque matériau du colis,
- la seconde partie correspond au calcul du k_{eff} du colis se basant sur ces jeux de sections efficaces.

Résultats

Le critère de sûreté-criticité pour un colis isolé, soit $k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0,950$ (toutes incertitudes comprises), est respecté dans tous les cas de chargements, en prenant en compte la capacité de l'emballage à limiter la pénétration d'eau.

7.2. Réseau de colis

La présence de la virole d'acier d'épaisseur importante (supérieure à 200 mm) permet une isolation neutronique entre colis adjacents. En conséquence, un empilement de colis, endommagés ou non, dans les trois directions et dans les conditions les plus réactives, présente une réactivité sensiblement égale à celle du colis isolé. L'étude du colis isolé couvre donc celle du réseau de colis, quel que soit le type de contenu transporté.

Ainsi, l'indice de sûreté criticité vaut $CSI = 0$.

8. CONDITIONS D'UTILISATION

Le chapitre 6A présente l'ensemble des instructions d'utilisation du modèle de colis TN[®]117.

L'emballage est conçu pour :

- être transporté à sec (avec des assemblages combustibles ou des carquois de crayons),
- être transporté avec une faible quantité d'eau dans sa cavité (cas de l'emballage vide : drainage non suivi d'un séchage de la cavité),
- être chargé et déchargé verticalement en eau (cas de l'immersion en piscine).

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

- les combustibles chargés doivent respecter l'ensemble des caractéristiques techniques définies par le contenu autorisé,
- le drainage de la cavité, suivi de son séchage (sauf dans le cas d'un emballage vide),
- le remplissage de la cavité en hélium à une pression maximale définie,
- la bonne fermeture (couple de serrage des vis) et le niveau d'étanchéité (taux de fuite) de tous les composants constituant les deux barrières d'étanchéité,
- la vérification du taux de fuite cumulé sur l'ensemble des orifices de chacune des deux enveloppes de confinement,
- l'ensemble des opérations effectuées pour vérifier le séchage, la fermeture des cavités et le niveau d'étanchéité du colis doit être contrôlé par une personne différente de celle qui les a réalisées afin de vérifier la conformité au respect des exigences,
- 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'équivalent de dose autour du colis en conformité avec les limites réglementaires,
- la mise en place de l'étiquetage réglementaire.

9. PROGRAMME D'ENTRETIEN PÉRIODIQUE

Le chapitre 7A et ses annexes présentent notamment le programme d'entretien du modèle de colis TN[®]117.

Le programme d'entretien prévu au cours de l'utilisation de l'emballage est défini en fonction de deux types de périodicités suivant les composants importants pour la sûreté : le nombre de cycles de transport réalisés ou la durée d'utilisation. Le programme d'entretien comprend notamment :

- le contrôle et le remplacement des joints des barrières d'étanchéité,
- le contrôle de l'état des composants des systèmes vissés (barrières d'étanchéité, capots et tourillons),
- le contrôle des tourillons assurant la manutention et l'arrimage du colis, incluant la détection de défaut, le démontage des composants et un test en charge après remontage.

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 doit être réparé ou justifié 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.

10. PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ

Le chapitre 8A présente le système d'assurance de la qualité applicable au modèle de colis TN[®]117.

Les réglementations de transport en vigueur à la date du présent document 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, produire et conserver les documents justificatifs (enregistrements) de leur activité.

11. RÉFÉRENCES

- <1> Règlement de transport des matières radioactives de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, collection normes de sûreté, N°TS-R-1, édition de 2005