

TR-15004-003 Rév. 0

Rapport d'analyse de sûreté des colis Traveller pour l'expédition d'assemblages combustibles REP

Référence :
USA/9297/AF-96
Rapport d'analyse de sûreté - Révision 11



TABLE DES MATIÈRES

1.0	INFORMATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL	3
1.1	Introduction	3
1.2	Description du colis.....	3
1.2.1	Emballage	3
1.2.1.1	Types de colis.....	3
1.2.1.2	Conteneur extérieur	3
1.2.1.3	Conteneur intérieur.....	5
1.2.2	Système de confinement.....	9
1.2.3	Contenu	9
1.2.3.2	Quantité maximale de matière par colis	11
1.2.4	Caractéristiques opérationnelles	12
1.3	Exigences générales pour tous les colis.....	12
1.3.1	Taille minimum du colis.....	12
1.3.2	Dispositif inviolable	12
1.4	Schémas techniques pour emballage	12
2.0	ÉVALUATION STRUCTURALE.....	12
3.0	ÉVALUATION THERMIQUE.....	13
4.0	CONFINEMENT	14
4.1	Limite du confinement	14
4.2	Colis Fissiles de type A.....	14
5.0	ÉVALUATION DU BLINDAGE	14
6.0	CRITICITÉ.....	15
6.1	Tableau récapitulatif de l'évaluation de la criticité	16
6.2	Indice de Sûreté-Criticité	16
6.3	Contenu de Matière Fissile.....	17
7.0	OPERATIONS DU COLIS	17
8.0	TESTS DE RÉCEPTION ET PROGRAMME DE MAINTENANCE	17
8.1	Essais de réception	17
8.2	Programme de Maintenance.....	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 6-1.	Tableau récapitulatif de l'Analyse de Criticité.....	16
--------------	--	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1	Conteneur extérieur position fermée (à gauche) et position ouverte (à droite)	4
Figure 1-2	Conteneur extérieur vue transversale (typique) Conteneur intérieur	5
Figure 1-3	Entretoise du combustible du conteneur intérieur XL	7
Figure 1-4	Schéma générique de Traveller représentant le colis préparé pour le transport.....	8
Figure 1-5	Section d'assemblage combustible 17x17 Optimisé avec RCC.....	9
Figure 6-1	Système de Confinement de Traveller	16

1.0 INFORMATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL

1.1 Introduction

Les colis Traveller STD et Traveller XL sont des colis d'expédition conçus pour le transport d'assemblages ou de crayons combustibles d'uranium non-irradié avec enrichissements jusqu'à 5,0 pour cent en poids. Ils transporteront plusieurs types d'assemblages combustibles REP, ainsi que des crayons REB ou REP. Ceci est décrit plus loin dans la Section 6. L'Indice de Sûreté-Criticité proposé (CSI) pour le conteneur Traveller est de 0,7 pour le transport d'assemblages combustibles et de 0,0 pour le transport de crayons combustibles en vrac. Les sections suivantes décrivent la conception du colis et le programme d'essais en détail. Les numéros des schémas pour chaque modèle de colis sont présentés à la Section 1.4 ; des schémas sont inclus dans la révision approuvée du Rapport d'analyse de Sûreté (SAR). Un schéma générique du Traveller représentant le colis tel que préparé pour le transport est fourni à la Figure 1-4.

1.2 Description du colis

1.2.1 Emballage

Le colis Traveller est conçu pour transporter un (1) assemblage combustible ou un (1) tube pour crayons combustibles en vrac. Il est constitué de trois éléments de base : 1) un conteneur extérieur, 2) un conteneur intérieur, et 3) un assemblage combustible ou un tube de crayons. Le conteneur extérieur et le conteneur intérieur sont reliés entre eux par un système de suspension qui réduit les forces appliquées à l'assemblage combustible pendant le transport. Le tube de crayons est fixé à l'intérieur du conteneur intérieur pendant le transport de crayons combustibles en vrac.

1.2.1.1 Types de colis

Il existe deux types d'emballages dans la famille Traveller qui transportent plusieurs types d'assemblages combustibles REP, ainsi que des crayons soit REB ou REP.

Traveller Standard (Traveller STD)

- Poids brut = 4500 livres (2041 kg)
- Poids à vide = 2850 livres (1293 kg)
- Dimensions extérieures = 197,0 pouces de long x 27,0 pouces de large x 39,3 pouces de haut (5004 mm x 688 mm x 998 mm)

Traveller XL

- Poids brut = 5230 livres (2372 kg)
- Poids à vide = 3255 livres (1476 kg)
- Dimensions extérieures = 226,0 pouces de long x 27,1 pouces de large x 39,3 pouces de haut (5740 mm x 688 mm x 998 mm)

1.2.1.2 Conteneur extérieur

Le conteneur extérieur est un composant structurel qui sert d'impact primaire et de protection thermique pour l'assemblage combustible. Il fournit aussi des dispositifs de levage, d'empilage, et d'arrimage pendant le

transport. Le conteneur extérieur est une longue conception tubulaire comprenant une section supérieure et une section inférieure comme indiqué sur la Figure 1-1. Chaque section est constituée d'une coque extérieure en acier inoxydable, une couche de mousse de polyuréthane rigide et une coque intérieure en acier inoxydable. L'acier inoxydable apporte une résistance structurelle et agit comme revêtement protecteur pour la mousse. Une coupe transversale typique montrant les éléments clés du colis est illustrée à la Figure 1-2.

Le conteneur extérieur est composé de limiteurs d'impact indépendants à l'extrémité supérieure et à l'extrémité inférieure. Chaque limiteur d'impact d'extrémité est un système contenant un sous-ensemble de coussinet adjacent à la mousse de polyuréthane 20 livres/pied cube. La mousse 20 livres/pied cube est enfermée par les enveloppes en acier inoxydable du conteneur extérieur du colis. La partie supérieure du sous-ensemble de coussinet se compose de mousse 6 livres/pied cube enfermée entre deux plaques en acier inoxydable pour permettre l'accouplement avec la partie supérieure du conteneur extérieur. Un détail de l'ensemble coussinet du haut est indiqué sur 10004E58, Feuille 6. L'ensemble du coussinet inférieur est constitué de mousse 6 livres/pied cube enfermée dans un boîtier circulaire en acier inoxydable qui permet l'accouplement avec la partie inférieure du conteneur extérieur. Un détail de l'ensemble du coussinet inférieur est également indiqué sur 10004E58, Feuille 6.

La mousse est un polyuréthane rigide à cellules fermées qui constitue un excellent absorbeur de chocs et isolant thermique et présente des caractéristiques bien définies qui le rendent idéal pour cette application. Le « sandwich » acier-mousse-acier est la protection primaire contre l'incendie et est décrit plus en détail dans la Section 3.

L'intérieur du conteneur extérieur est doublé de blocs de polyéthylène à très haut poids moléculaire (UHMW). Le polyéthylène a un double objectif. Il fournit une cavité conforme pour recevoir le conteneur intérieur et l'assemblage combustible pendant des chutes à faible inclinaison. Le conteneur intérieur est fixé à la partie inférieure du conteneur extérieur à l'aide de plots amortisseurs en caoutchouc. Une feuille de mousse polyéthylène peut être positionnée entre le conteneur intérieur et la partie inférieure du conteneur extérieur pour augmenter les caractéristiques d'absorption de choc du transport de routine. Un joint placé entre les surfaces d'accouplement supérieur et inférieur du conteneur extérieur constitue un joint pour empêcher la poussière, la pluie et l'aspersion d'eau de pénétrer dans le colis.

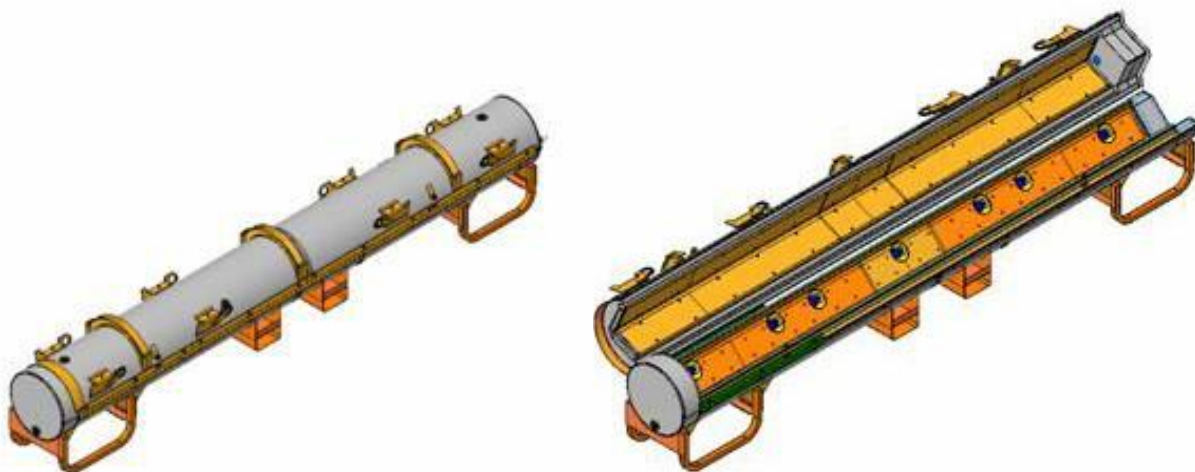


Figure 1-1 Conteneur extérieur position fermée (à gauche) et position ouverte (à droite)

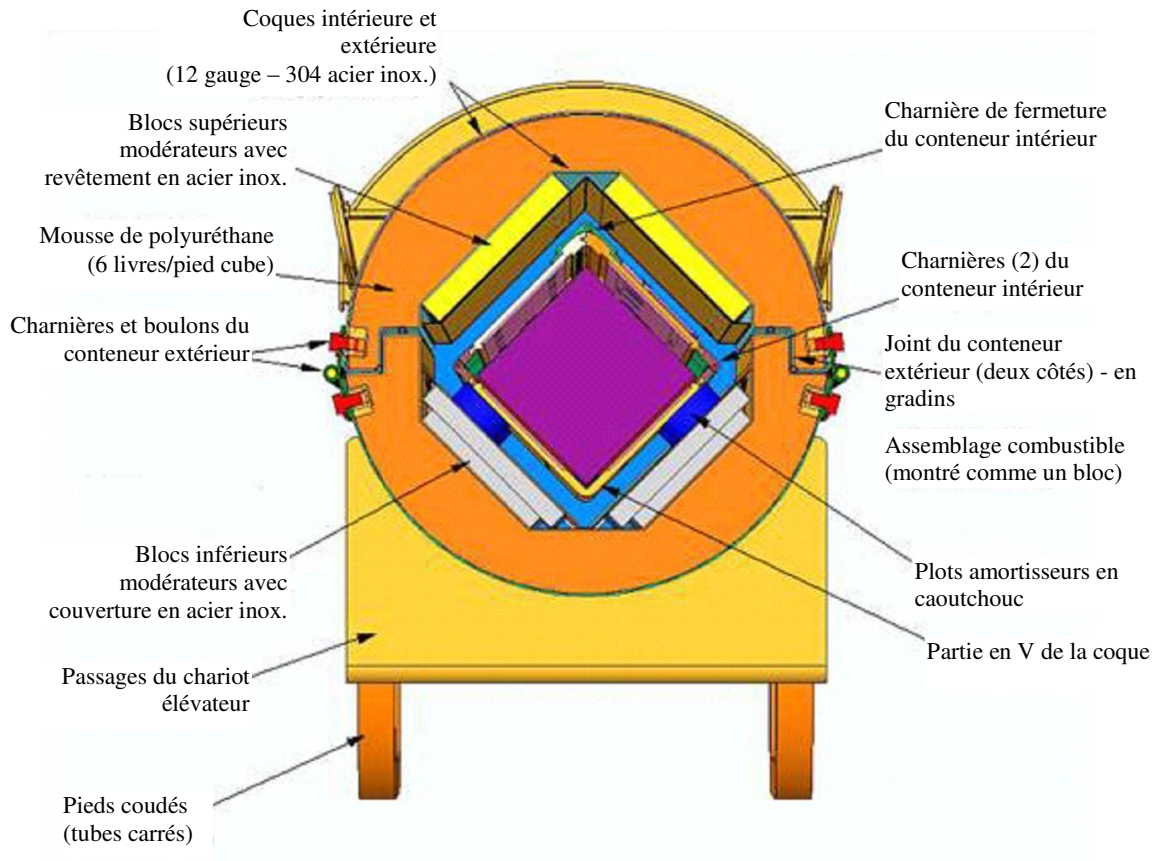


Figure 1-2 Conteneur extérieur vue transversale (typique) et conteneur intérieur

1.2.1.3 Conteneur intérieur

Le but du conteneur intérieur est de protéger le contenu lors de la manipulation de routine et de limiter le réarrangement du contenu en cas d'accident de transport. Pendant les manipulations de routine, les portes du conteneur intérieur s'ouvrent pour charger le contenu et sont fixées avec des verrous à came et des charnières multipoints. Le conteneur intérieur fait partie du système de confinement qui protège et retient l'assemblage combustible ou le contenu du tube de crayons combustibles dans toutes les conditions de transport. Lors de conditions accidentelles de transport le conteneur intérieur reste fermé et la structure limite le réarrangement de l'assemblage combustible. Des plaques d'absorbeur de neutrons sont installées sur la surface du conteneur intérieur sur toute la longueur de chaque côté.

Le conteneur intérieur rectangulaire est utilisé tant dans les colis Traveller STD que Traveller XL, avec des différences mineures entre les deux, décrites ci-dessous. Dans ce document, « conteneur intérieur » fera référence au conteneur intérieur rectangulaire couramment utilisé.

Les composants structuraux du conteneur intérieur se composent d'un dos robuste en « V » en aluminium, deux portes à panneaux en aluminium, une petite porte d'accès supérieure en « V », des plaques d'extrémité inférieure et supérieure, et un mécanisme de verrouillage multipoints à came. Des charnières de type piano (charnières continues) relient chaque panneau de porte et la petite porte d'accès supérieur en « V » au dos

robuste en « V ». Les plaques d'absorbeur de neutrons sont fixées au conteneur intérieur avec des fixations filetées. Les plaques d'absorbeur ne fournissent aucune résistance structurelle au conteneur intérieur. Le dos robuste en « V » et la plaque de fond sont recouverts d'un coussinet en caoutchouc de liège pour amortir le contenu et prévenir les dommages pendant la manipulation normale et les conditions de transport de routine.

La plaque supérieure du conteneur intérieur a deux configurations afin d'accueillir différents types de combustibles. Chacune utilise une combinaison de vis à tête plate et de raccords par languette et rainure pour fixer solidement au conteneur intérieur. La Plaque Supérieure Fixe (FTP) est fixée directement à la porte d'accès supérieure avec des vis de blocage. Elle possède un rebord de languette qui s'adapte dans des barres de cisaillement rainurées qui sont fixées directement sur les deux faces de la base du conteneur intérieur avec les vis. Tout le rebord de la Plaque Supérieure Amovible (RTP) est rainuré et s'adapte aux barres crantées qui sont fixées aux quatre faces du conteneur intérieur. La plaque de fond est fixée de la même façon à la base du conteneur intérieur avec des vis de blocage. Le verrouillage est assuré par des raccords à languette et rainure assemblant les portes du conteneur intérieur.

Les portes à panneaux sont fixées par des verrous à came multipoints qui sont espacés sur la longueur du conteneur intérieur. Ces fixations mécaniques sont constituées d'un verrou à came sur la porte principale droite qui enclenche l'armature à la porte principale gauche. Une bague à ressort sans fin empêche tout mouvement intempestif du verrou à came. Il y a 9 verrous à came sur le conteneur intérieur du Traveller STD et 11 verrous à came sur le conteneur intérieur du Traveller XL. La porte d'accès supérieure est fixée avec une courte goupille de charnière insérée dans les articulations de la charnière lorsque la petite porte d'accès supérieure est fermée.

Des mécanismes de serrage qui interfacent avec le contenu fournissent la retenue axiale et latérale dans toutes les conditions de transport. Un dispositif de serrage réglable à tige filetée offre une retenue axiale au sommet de l'assemblage combustible ou du tube de crayons. Une fixation supplémentaire peut être ajoutée pour maintenir les composants de base (composants de contrôle du cœur du réacteur ou des crayons de source secondaire) lorsqu'ils sont expédiés à l'intérieur de l'assemblage combustible. Des coussinets en caoutchouc sont positionnés à des emplacements axiaux le long de l'intérieur des portes du conteneur intérieur pour limiter le mouvement latéral. Ces restrictions, appelées plaquettes de grille, sont positionnées pour correspondre aux emplacements mi-grille pour chaque type d'assemblage combustible.

Les dimensions du conteneur intérieur du Traveller XL conviennent à la fois aux modèles plus longs de combustible et aux modèles de combustible avec des dimensions de section transversale plus grande. La longueur la plus longue peut être adaptée pour des modèles d'assemblage combustible plus courts qui sont normalement expédiés dans le Traveller STD en ajoutant un composant d'espacement en aluminium dans le conteneur intérieur. L'entretoise est placée sur la plaque d'extrémité inférieure pour élever l'assemblage combustible dans le conteneur intérieur plus long afin qu'il puisse être fixé avec les contraintes axiales au sommet du conteneur intérieur. La dimension plus grande de section transversale peut être adaptée pour des assemblages combustibles avec de plus petites sections transversales en ajoutant des assemblages d'entretoise de combustible dans le dos robuste en « V » en aluminium comme le montre la Figure 1-3.

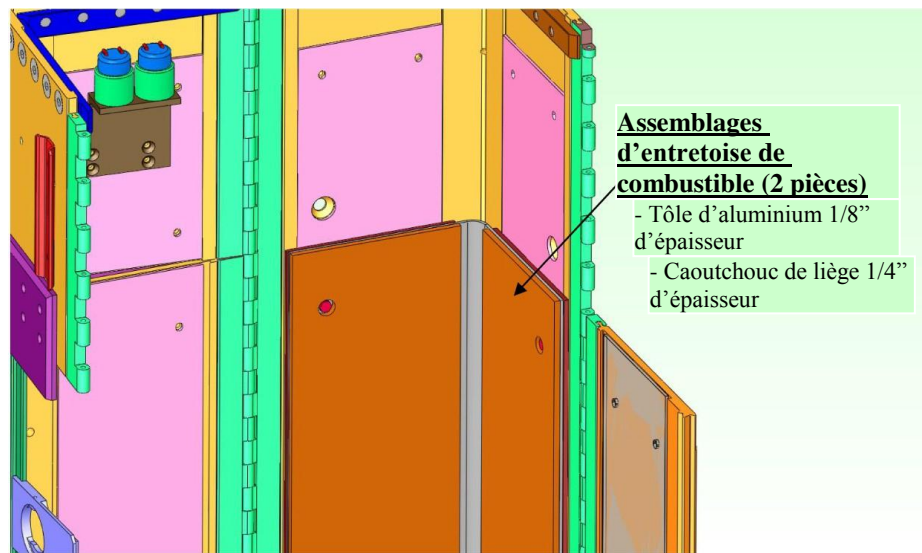


Figure 1-3 Assemblage d'entretoise de combustible du conteneur intérieur XL

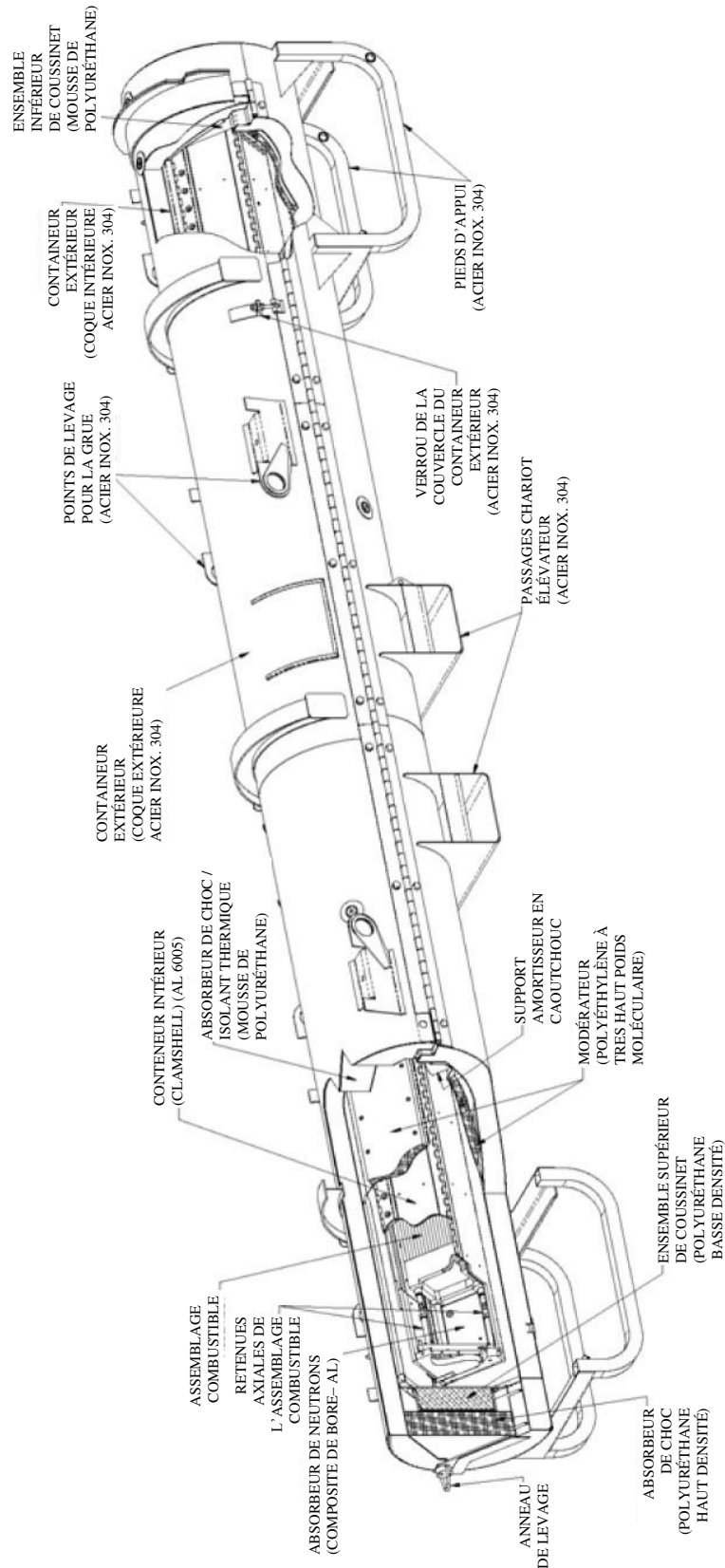


Figure 1-4 Schéma générique de Traveller représentant le colis préparé pour le transport

1.2.2 Système de confinement

Le système de confinement est décrit tant dans le Règlement de l'AIEA pour le Transport Sûr des Matières Radioactives que les Normes de Sûreté N° TS-R-1 (213) et le Code des Règlements Fédéraux, Titre 10, partie 71.4 comme « l'ensemble des éléments constitutifs de l'emballage destiné à retenir les matières radioactives pendant le transport ». Le système de confinement pour le Traveller est le crayon combustible. Le confinement est décrit plus en détail dans la Section 6.

1.2.3 Contenu

Westinghouse Electric Company propose des modèles d'assemblage combustible qui sont transportés dans le Traveller pour une utilisation dans les réacteurs à eau pressurisée (REP). La configuration générale et les dimensions des modèles d'assemblage combustible REP sont similaires, mais il existe des caractéristiques uniques dans certains des composants de l'assemblage combustible. Un assemblage combustible REP typique est représenté à la Figure 1-5.

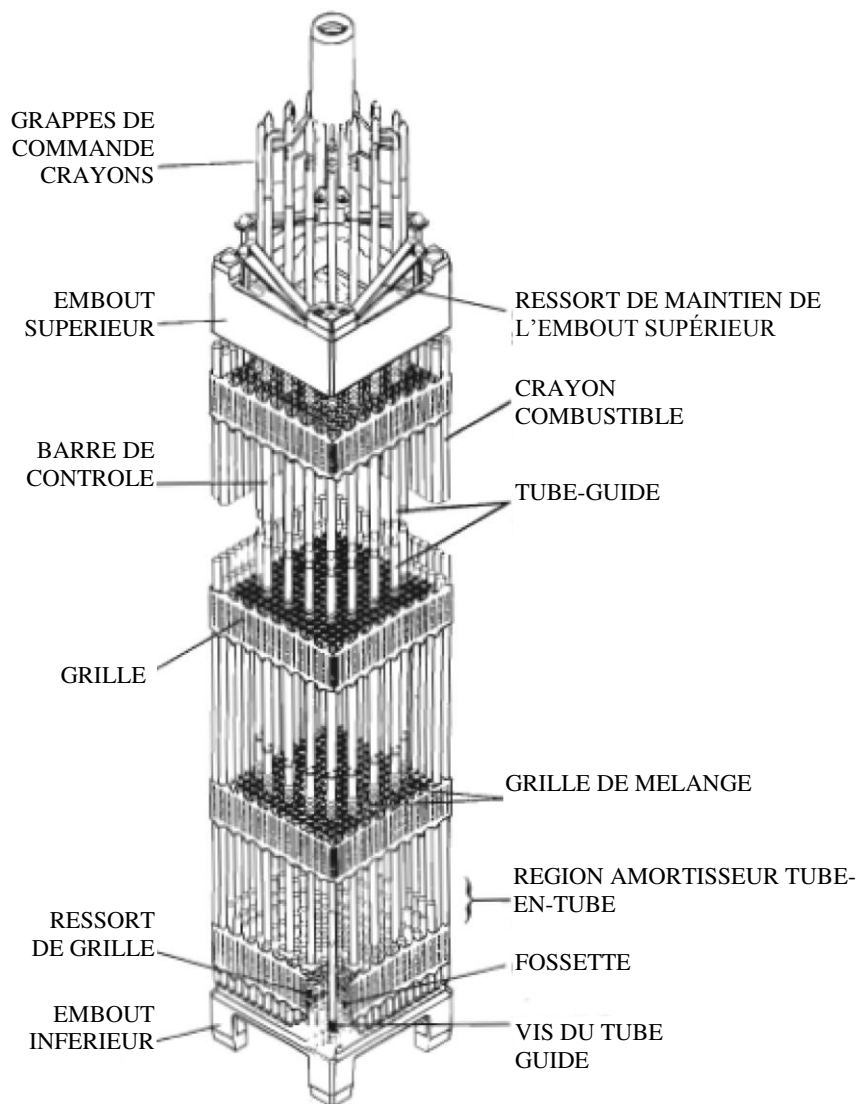


Figure 1-5 Section d'assemblage combustible 17x17 Optimisé avec RCC

1.2.3.1.1 Type et forme

Le contenu est un assemblage combustible et des crayons combustibles. Les crayons combustibles sont transportés dans un tube. Un nombre quelconque de crayons combustibles peut être transporté dans un tube de crayons combustibles. Les crayons combustibles comprennent des modèles pour les réacteurs à eau pressurisée (REP) et pour les réacteurs à eau bouillante (REB). Pour la gamme de diamètres de crayons combustibles (0,37 à 0,45 pouces) le nombre maximal de crayons combustibles qui vont dans le tube de crayons est de 250 à 170 crayons combustibles. Le nombre réel de crayons combustibles placés dans un tube de crayons est inférieur car l'espace est nécessaire pour tenir compte des matériaux d'emballage et permettre la manipulation des crayons combustibles. L'assemblage combustible REP peut être transporté avec des composants de base de réacteur, un assemblage combustible unique avec des composants non-fissiles montés sur plaque de base ou des composants de base sous forme araignée, ou un tube unique de crayons combustible est transporté dans un colis. Les composants de base comprennent les grappes de commande (RCC) et les crayons de source secondaire qui ne sont pas des matières radioactives. En outre, tout crayon combustible dans un assemblage combustible peut être remplacé par une tige solide en acier inoxydable. Le poids maximal du contenu est de 748 kg (1650 livres) pour un Traveller STD et 894 kg (1971 livres) pour un Traveller XL.

1.2.3.1.2 Pastilles de combustible

La pastille de combustible est composée de poudre de dioxyde d'uranium enrichi qui est compacté par pressage à froid puis fritté pour atteindre la densité requise. Le dioxyde d'uranium fritté est chimiquement inerte à des températures et pressions du réacteur.

1.2.3.1.3 Crayon combustible

Des pastilles de dioxyde d'uranium sont insérées dans un tube en alliage de zirconium, et chaque embout du tube est scellé par soudage sur un bouchon d'embout pour former un crayon combustible. On empêche les pastilles de se déplacer pendant la manutention et l'expédition par un ressort de compression situé entre le haut de la pile de pastilles de combustible et le bouchon d'embout supérieur.

Le crayon combustible est conçu comme un récipient sous pression. La pré-pressurisation du crayon combustible qui réduit l'interaction mécanique entre le combustible et la gaine, réduit de manière significative le nombre et l'ampleur des sollicitations cycliques subies par la gaine. Le résultat est une extension notable de la marge de durée de vie utile de la gaine avec le renforcement de la fiabilité de la gaine. Une pression interne nominale représentative des crayons combustibles dans des conditions de température ambiante est de 2,62 MPa (380 psig). Il n'y a pas de dispositif de décompression qui permettrait à un contenu radioactif de s'échapper.

La section VIII du code ASME concernant les Chaudières et Appareils à Pression est utilisée comme guide dans la conception et l'analyse des contraintes mécaniques du crayon combustible. Le crayon est conçu pour résister aux charges appliquées, à la fois externes et internes. La pastille de combustible est dimensionnée pour fournir un volume suffisant à l'intérieur du tube de combustible pour permettre la dilatation différentielle entre le combustible et la gaine. Les soudures des crayons combustibles sont vérifiées pour intégrité par des moyens tels que l'inspection aux rayons x, ultrasons ou contrôle de processus.

1.2.3.1.4 Assemblage combustible

Un groupe carré de crayons combustibles qui sont structurellement liés ensemble dans un squelette constitue un assemblage combustible. Le squelette est constitué de tubes-guide, de grilles de pince à ressort, d'un embout supérieur, d'un embout inférieur et d'un autre matériel (par ex. ressorts, écrous, etc.). Des tubes-guide pour les barres de contrôle remplacent les crayons combustibles à des espacements sélectionnés dans le groupe et sont fixés aux embouts supérieur et inférieur de l'assemblage. Des ensembles de grilles de pince à ressort sont fixés aux tubes-guide sur la hauteur de l'assemblage combustible pour fournir un support pour les crayons combustibles. Les crayons combustibles sont contenus et soutenus, et l'espacement de ligne centrale crayon à crayon est maintenu dans ce cadre squelettique.

Tous les assemblages combustibles utilisent la même conception mécanique de base. Alors que tous les assemblages peuvent accepter des grappes de commande, ceux-ci ne sont pas utilisés dans chaque assemblage combustible. Les éléments de contrôle des grappes de commande sont constitués de crayons cylindriques absorbeurs de neutrons, définis comme des barres de contrôle, ayant à peu près les mêmes dimensions qu'un crayon combustible, gainés et reliés en haut par une pièce de structure en forme d'araignée pour former des groupes de crayons. Des assemblages combustibles sélectionnés ont des sources de neutrons ou des absorbeurs consommables installés dans les tubes-guide des barres de contrôle. Les assemblages combustibles ne contenant ni grappes de commande, ni ensembles de source ou crayons absorbeurs consommables sont munis de bouchons dans l'embout supérieur pour limiter l'écoulement à travers les tubes-guide des barres de contrôle vides. Les assemblages combustibles peuvent être expédiés avec un de ces composants de base. Des crayons de source de neutrons primaires qui contiennent californium-252 ne sont pas autorisés à être expédiés dans les colis Traveller. Les seuls matériaux de structure dans la région du combustible sont les grilles de pince à ressort, les tubes-guide et la gaine de combustible.

1.2.3.2 Quantité maximale de matière par colis

La quantité maximale de radio-isotopes dans le contenu du colis est limitée à une quantité telle qui est contenue dans un assemblage combustible individuel ou le nombre maximal de crayons combustibles qui peuvent être transportés dans un tube de crayons combustibles. Les pastilles de combustible sont fabriquées à partir d'Uranium Enrichi de Qualité Commerciale telle que définie dans la norme ASTM C 996. Les crayons combustibles individuels sont enveloppés dans une gaine de protection en matière plastique. Lorsque le tube de crayons est rempli avec le nombre approprié de crayons, un disque en matière plastique est inséré pour protéger les extrémités des crayons combustibles. L'espace entre le disque en plastique et le tube de crayons est rempli de « papier bulle » afin que les crayons soient fixés axialement. Les assemblages combustibles sont enveloppés dans une gaine en polyéthylène.

Le contenu en uranium enrichi de qualité commerciale est de l'uranium non irradié avec une valeur de A2 qui est illimitée sur la base des mélanges isotopiques donnés dans la norme ASTM C996. L'uranium enrichi de qualité commerciale est une quantité de matière radioactive de Type A quelle que soit la quantité de matière radioactive.

Les matériaux d'emballage qui ont une efficacité modératrice supérieure à l'eau, comme les douilles en polyéthylène et le fardage utilisés pour protéger l'assemblage combustible ou le contenu des crayons pendant le transport sont limités comme suit :

- De tels matériaux d'emballage denses en hydrogène doivent avoir une efficacité modératrice inférieure

ou égale au polyéthylène ;

- Pour les assemblages combustibles REP, ce matériau est limité à un maximum de 2,17 kg par colis ;
- Pour des crayons combustibles en vrac, ce matériau est limité à un maximum de 8,49 kg par colis ;
- Pour les assemblages combustibles de type VVER, ce matériau est limité à un maximum de 3,98 kg par colis.

1.2.4 Caractéristiques opérationnelles

Les passages d'élévateur à fourche et les pieds tubulaires sont fixés au bas du conteneur extérieur. Les supports d'empilage, qui servent aussi de points de levage, sont fixés à la partie supérieure du conteneur extérieur et sont situés en huit (8) positions. Le colis doit être redressé sur une extrémité pour le chargement et le déchargement. Deux points de levage sont fixés à l'extrémité de l'embout supérieur du haut du conteneur extérieur.

1.3 Exigences générales pour tous les colis

1.3.1 Taille minimum du colis

La dimension globale la plus petite des colis Traveller est le diamètre de la coque extérieure, d'environ 25 pouces (64 cm). Cette dimension est supérieure à la dimension minimale de 4 pouces spécifiée dans 10 CFR §71.43(a), TS-R-1 (634). Par conséquent les exigences du 10 CFR §71.43(a), TS-R-1 (634) sont satisfaites par les colis Traveller.

1.3.2 Dispositif inviolable

Deux (2) scellés inviolables (fil/scellé de sûreté en plomb) sont fixés entre la partie supérieure et inférieure des moitiés du conteneur extérieur pour fournir la preuve visuelle que le verrouillage n'a pas été forcé. Par conséquent, les exigences de 10 CFR §71.43 (b), TS-R-1 (635) sont satisfaites.

La série de colis Traveller ne peut être ouverte par inadvertance. La fermeture positive des colis Traveller est assurée par des vis à tête hexagonale à haute résistance de 3/4 pouces. Par conséquent, les exigences de 10 CFR 71.43(a) sont satisfaites.

1.4 Schémas techniques pour emballage

Les schémas sont inclus dans la révision approuvée du Rapport d'Analyse de Sûreté (SAR). Un schéma générique du Traveller représentant le colis tel que préparé pour le transport est fourni à la Figure 1-4.

- Schémas du Traveller STD et XL : 10004E58, Rév. 8 (Feuilles 1-9)
- Schéma du tube conteneur de crayons : 10006E58, Rév. 5 (Feuille 1)

2.0 ÉVALUATION STRUCTURALE

Cette Section présente les critères de conception structurelle, les poids, les propriétés mécaniques du matériau et les évaluations structurales, qui démontrent que la série de colis Traveller respecte tous les critères structurels applicables pour le transport tels que définis dans 10 CFR 71 et TS-R-1. L'évaluation structurelle des colis Traveller de longueur standard (Traveller STD) et Traveller de plus grande longueur (Traveller XL) a été effectuée avec différents tests et simulation par ordinateur à l'aide de l'analyse d'éléments finis.

Pour HAC (Condition d'Accident Hypothétique), les effets cumulatifs dommageables de chutes libres, de perforation et essais thermiques ont été bien supportés par l'unité d'essai certifiée du Traveller XL. Des examens ultérieurs de l'unité de test certifiée ont confirmé que l'intégrité des composants de contrôle de criticité a été maintenue tout au long de la série d'essais. La géométrie du conteneur intérieur est restée essentiellement inchangée de sa condition avant le test. En outre, l'assemblage combustible a été bien protégé et a subi des dommages dans les limites des critères d'acceptation. Par conséquent, les exigences du 10 CFR §71.73, TS-R-1 (726-729) ont bien été respectées.

Le Traveller XL est limitatif en raison de son plus grand poids et de sa longueur plus grande par rapport au Traveller STD. Les critères qui ont été utilisés pour l'évaluation d'impact est une démonstration que les systèmes de retenue et de confinement maintiennent l'intégrité tout au long des essais de certification des Conditions Normales de Transport (NCT) et Condition d'Accident Hypothétique (HAC). Il est donc nécessaire de démontrer qu'il n'y a pas de fuite de matière, ni perte de modérateur ou d'absorbeur de neutrons, ni aucune diminution de la géométrie du conteneur extérieur, et ni aucune augmentation de la géométrie du conteneur intérieur. Lorsque soumis à des conditions d'accident hypothétique réglementaires, le colis Traveller répond aux exigences de performance spécifiées dans la sous-partie E de 10 CFR 71 et TS-R-1 (726-737 selon le cas).

Ces colis Traveller ne sont pas étanches à la pression de l'environnement ambiant, donc aucune pression différentielle ne peut survenir dans le colis.

La manipulation des colis est effectuée en utilisant les passages du chariot élévateur sur la partie inférieure du conteneur extérieur. La manipulation peut aussi utiliser les trous de levage dans les supports d'empilage sur la partie supérieure du conteneur extérieur.

Des méthodes de fabrication standard sont utilisées pour fabriquer le colis de la série Traveller. Des examens visuels de soudure sont réalisés sur toutes les soudures des colis Traveller conformément à AWS D1.6. et ASME Section III, Sous-Section NF-5360, pour acier inoxydable et aluminium respectivement.

3.0 ÉVALUATION THERMIQUE

Les colis de la série Traveller se limitent à transporter de l'uranium non irradié, de l'uranium faiblement enrichi, des assemblages combustibles de cœur de réacteur nucléaire. Il n'y a aucune caractéristique de conception d'emballage pour évacuation de la chaleur car le contenu ne contient pas de matières radioactives génératrices de chaleur. L'utilisation du polyéthylène comme modérateur nécessite une mise en température contrôlée dans des conditions d'accident, pour prévenir la perte d'hydrogène dans le modérateur. Les colis de la série Traveller utilisent un conteneur intérieur en aluminium pour accueillir un seul assemblage combustible nucléaire non-irradié. Le conteneur intérieur est monté dans un conteneur extérieur cylindrique fabriqué en acier inoxydable 304 et mousse de polyuréthane ignifuge. Le sandwich acier inoxydable/mousse fournit une isolation thermique dans des conditions d'incendie hypothétique. La majeure partie de la capacité de chaleur se situe dans le conteneur extérieur, fournie par le modérateur en polyéthylène, le conteneur intérieur en aluminium et l'assemblage combustible lui-même réduisant les pics de température à l'intérieur du colis.

Le modèle thermique du colis Traveller a été créé pour examiner la réponse à des conditions d'accident

hypothétique d'incendie décrit dans 10 CFR 71 et le Règlement de l'AIEA pour le Transport Sûr de Matières Radioactives, Section VII-728. Cette analyse a été réalisée pour renforcer la réponse attendue et a été faite en analysant la réponse du colis à 800 °C conditions extérieures avec une émissivité de feu de 0,9 et une émissivité de colis de 0,8 tel que défini par 10CFR71.73. L'analyse a été réalisée également en supposant qu'une température de feu moyenne de 1000 °C prévue pendant un essai de combustion réelle.

La performance du Traveller sous des conditions d'accident hypothétique spécifiées dans 10CFR71.73 (c) et le règlement de l'AIEA pour le Transport Sûr de Matières Radioactives, Section VII-728 a été initialement calculée en utilisant le code d'analyse thermique SCALE 4.4. La performance a été par la suite démontrée dans une série d'essais de combustion partielle exposant des portions sélectives d'un colis à grande échelle pour cumuler des conditions d'incendie dépassant les conditions d'accident hypothétique. Enfin, un colis à grande échelle a été soumis à un incendie cumulé à pleine échelle totalement enveloppant, dépassant les conditions d'accident hypothétique. L'unité d'essai certifiée a été soumise à un essai de chute tel que décrit ci-dessus. L'unité de test certifiée a ensuite été transportée à l'installation d'essai de feu où elle a été brûlée en conformité avec 10CFR71.73 (c) (4) et TS-R-1, paragraphe 728 (a). Le colis a résisté au test avec des températures internes inférieures à 180 °C.

4.0 CONFINEMENT

4.1 Limite du confinement

Le colis Traveller se limite à transporter de l'uranium faiblement enrichi non irradié, des assemblages combustibles de réacteur nucléaire et des crayons. La matière radioactive est enfermée dans des pastilles en céramique frittée ayant une solubilité très limitée et une propension minimale de suspension dans l'air. Ces pastilles sont scellées dans des tubes de combustible pour former la partie des crayons combustibles de chaque assemblage.

Le système de confinement est décrit tant dans TS-R-1 (§213) que 10CFR71.4 comme, « l'assemblage des composants de l'emballage destiné à retenir les matières radioactives pendant le transport. » Le système de confinement pour le Traveller se compose de crayons combustibles.

4.2 Colis Fissiles de type A

Pour les colis fissiles de type A, aucune perte ou dispersion de matières radioactives n'est autorisée dans des conditions normales de transport tel que spécifié dans 10CFR71.43(f). Il a été démontré par des scénarios répétés de chute normale qu'il n'y a pas de perte de matières fissiles à partir des crayons et donc pas de dispersion. Par conséquent, le système de confinement reste intact.

5.0 ÉVALUATION DU BLINDAGE

Le rayonnement de l'uranium faiblement enrichi dans des assemblages combustibles neufs qui affecte la dose externe comprend un rayonnement alpha, bêta et gamma. En raison de la portée relativement courte des particules alpha dans la matière dense, le rayonnement alpha pose peu de risque externe de dose. Les alphas

les plus énergiques produits par radionucléides se produisant naturellement ne pénétreront pas les matériaux d'emballage.

Les matériaux d'emballage du Traveller limitent efficacement les niveaux de rayonnement sur la surface externe de l'emballage. Dans des conditions normales de transport, le niveau de rayonnement ne dépasse pas 2 mSv/h (200 mrem/heure) en tout point de la surface externe du colis.

6.0 CRITICITÉ

Des analyses ont été réalisées, avec le code de colis SCALE 4.4 et 44-group ENDF/B-V, afin de démontrer que le Traveller est entièrement conforme aux exigences de 10CFR71 et TS-R-1. Les exigences de sûreté-criticité nucléaire pour les colis fissiles de Type A sont remplies pour des configurations de colis individuel et configurations de groupe dans des conditions normales de transport et conditions d'accident hypothétique. Une description complète de l'emballage du Traveller est fournie dans la Section 1.

Pour la modélisation de la criticité des configurations de transport, la condition telle quelle de l'emballage représente la configuration la plus dommageable suite à des tests réels. Par conséquent, combiné avec la configuration de pire cas d'inondation, des hypothèses conservatrices de matériau et des hypothèses conservatrices d'assemblage combustible forment le cas simple de licence pour l'analyse de sûreté. En utilisant le cas simple de licence comme cadre de référence, une série d'études de sensibilité a été ensuite réalisée pour évaluer certaines conditions normales de transport (NCT), des conditions d'accident hypothétique (HAC) et divers scénarios/configurations conformément aux exigences réglementaires.

La section 1.2 décrit les caractéristiques de conception du Traveller, y compris les fonctionnalités qui sont importantes pour la sûreté-criticité. Pour maintenir la sûreté-criticité, le système de confinement pour le Traveller est composé de ces composants d'assemblage et d'emballage qui préservent la sûreté-criticité d'un seul colis en isolation. Par conséquent, il comprend les crayons combustibles, l'assemblage combustible (ou le conteneur de crayons) et l'assemblage du conteneur intérieur, y compris les panneaux d'absorbeur de neutrons. Le système de confinement pour les modèles de Traveller XL et Traveller STD est illustré à la Figure 6-1.

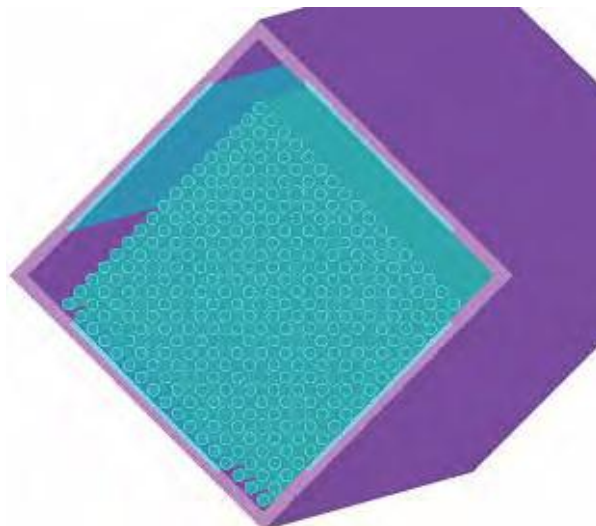


Figure 6-1 Système de Confinement de Traveller

6.1 Tableau récapitulatif de l'évaluation de la criticité

Des études de sensibilité ont été effectuées en utilisant le Traveller XL pour déterminer les configurations les plus conservatrices pour les conditions normales de transport (NCT) et des conditions d'accident hypothétique (HAC) pour un colis individuel et un groupe de colis. Les résultats, arrondis à trois décimales, figurent dans le Tableau 6-1 pour toutes les configurations : Traveller STD, Traveller XL et Traveller contenant un tube de crayons. Des calculs ont montré que le Traveller XL délimite le Traveller STD.

Tableau 6-1. Tableau récapitulatif de l'Analyse de Criticité		
Colis (Disposition)	Condition	$k_{eff} + 2\sigma$
Traveller STD (Unique)	NCT	--
	HAC	0,865
Traveller STD (Groupe)	NCT	0,256
	HAC	0,897
Traveller XL (Unique)	NCT	0,201
	HAC	0,885
Traveller XL (Groupe)	NCT	0,272
	HAC	0,939
Tube de crayons Traveller (Unique)	HAC	0,750
Tube de crayons Traveller (Groupe)	HAC	0,750

6.2 Indice de sûreté-criticité

Indice de transport de combustible REP

L'Indice de Sûreté-Criticité (CSI) pour le transport d'assemblages combustibles REP est calculé comme suit :

- $2 * N =$ Taille du groupe
- Taille de groupe = 150
- $N = 150/2 \rightarrow 75$
- Donc, $CSI = 50/75 \rightarrow 0,7$

Indice de transport de tube de crayons

Le CSI pour le transport des crayons dans le conteneur de crayons est calculé comme suit :

- $2 * N =$ Taille du groupe
- Taille de groupe = infini
- $N = \text{infinité}/2 \rightarrow \text{infinité}$
- Donc, $CSI = 50/\text{infinité} \rightarrow 0,0$

6.3 Contenu de Matière Fissile

Le colis servira à transporter les composés d'uranium hétérogènes sous forme de crayons combustibles. Ces crayons seront transportés comme assemblages combustibles REP ou crayons combustibles en vrac REP ou REB dans le conteneur de crayons. Les types d'assemblages combustibles à transporter dans le Traveller appartiennent aux familles 14x14, 15x15, 16x16, 17x17 et 18x18. Différents produits d'assemblage combustible dans chaque famille peuvent avoir des noms qui ne figurent pas dans cette application, mais les paramètres importants de la criticité doivent être respectés pour le transport dans les colis Traveller. Des calculs ont été effectués afin de déterminer quel assemblage combustible serait le plus réactif. Cette analyse indique que le 17x17OFA est l'assemblage combustible le plus réactif sur la plage d'intérêt.

Les assemblages de Grappes de Commande de Réacteur (RCC), assemblages de source secondaire, et crayons en acier inoxydable solides qui peuvent être placés dans l'assemblage combustible REP sont des matières non fissiles.

Le Traveller transportera des crayons combustibles en vrac dans un tube de crayons. L'analyse pour le tube de crayons a été basée uniquement sur le diamètre et la taille de pastille. Par conséquent, il n'y a aucune restriction sur les composants des crayons autres que le combustible. Ceci s'applique aux crayons combustibles REP et REB.

7.0 OPERATIONS DU COLIS

Les opérations du colis sont contrôlées au sens de la révision approuvée du Rapport d'Analyse de Sûreté. L'information contient les événements importants relatifs à l'utilisation systématique des colis d'expédition Traveller, y compris le chargement, le déchargement et la préparation d'emballages vides. Des instructions détaillées complètes peuvent être décrites dans les modes opératoires d'usine ou d'installation individuels et les instructions de contrôle de la qualité pertinentes à chaque opération spécifique.

8.0 TESTS DE RÉCEPTION ET PROGRAMME DE MAINTENANCE

8.1 Essais de réception

Conformément aux exigences de 10 CFR §71.85(c), les inspections et les essais de réception à effectuer avant la première utilisation du colis Traveller sont définis dans la révision approuvée du Rapport d'Analyse de Sûreté.

8.2 Programme de Maintenance

Le programme de maintenance utilisé pour assurer une performance continue du colis Traveller est défini dans la révision approuvée du Rapport d'Analyse de Sûreté.

Une inspection visuelle pour les dommages de toutes les surfaces exposées est effectuée avant chaque utilisation. Si des défauts sont détectés au cours de l'inspection, le colis sera séparé et traité par la procédure standard du site avant sa prochaine utilisation.