



Document  
d'application de la  
réglementation

RD-364

# **Guide d'approbation des colis de transport du type B (U) et des colis transportant des matières fissiles**

## **Canada – États-Unis**

Mars 2009

# DOCUMENTS D'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION DE LA CCSN

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) élabore des documents d'application de la réglementation en vertu des alinéas 9(b) et 21(1)(e) de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (LSRN).

Les documents d'application de la réglementation apportent les précisions nécessaires sur les exigences formulées dans la LSRN et ses règlements d'application et ils constituent une partie essentielle du cadre de réglementation des activités nucléaires au Canada.

Chaque document d'application de la réglementation vise à informer objectivement les parties intéressées, notamment les titulaires et les demandeurs de permis, les groupes de défense de l'intérêt public et le public, sur un sujet particulier qui concerne la réglementation du domaine de l'énergie nucléaire afin de favoriser une interprétation et une application uniformes des exigences réglementaires.

Les exigences formulées dans un document d'application de la réglementation ou dans une de ses parties deviennent obligatoires lorsqu'elles sont intégrées à un permis ou à tout autre instrument qui a force de loi.

Document  
d'application de la réglementation

RD-364

**Guide d'approbation des colis de transport du type  
B(U) et des colis transportant des matières fissiles  
Canada – États-Unis**

Publié par la  
Commission canadienne de sûreté nucléaire

Mars 2009

*Guide d'approbation des colis de transport du Type B(U) et des colis transportant des matières fissiles*

Document d'application de la réglementation RD-364

Publié par la Commission canadienne de sûreté nucléaire

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2009

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition d'en indiquer la source en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

Numéro de catalogue CC173-3/4-364F-PDF

ISBN 978-1-100-90486-3

This document is also available in English under the title *Joint Canada - United State Guide for the Approval of Type (B)U and Fissile Material Packages*.

**Disponibilité du présent document**

Le document peut être consulté sur le site web de la CCSN à [www.suretenucleaire.gc.ca](http://www.suretenucleaire.gc.ca). Pour en obtenir un exemplaire, en français et en anglais, veuillez communiquer avec :

Commission canadienne de sûreté nucléaire

C.P. 1046, Succursale B

280, rue Slater

Ottawa, Ontario, CANADA, K1P 5S9

Téléphone : 613-995-5894 ou 1-800-668-5284 (Canada seulement)

Télécopieur : 613-992-2915

Courriel : [info@cnsccsn.gc.ca](mailto:info@cnsccsn.gc.ca)

## PRÉFACE

Le *Règlement de transport des matières radioactives* (TS-R-1) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) stipule qu'une fois que le modèle d'un colis de transport de type B(U) est approuvé par un pays, ce colis peut être utilisé dans d'autres pays sans examen supplémentaire. En réalité, cependant, les États membres ont couramment insisté sur la nécessité d'examiner les demandes de modèle de colis avant d'en autoriser l'utilisation dans leur pays.

Au Canada et aux États-Unis, les autorités compétentes examinent tous les colis homologués avant d'octroyer une approbation (revalidation). Ce processus peut être long et est rendu compliqué par les différences entre les règlements domestiques, l'interprétation du règlement de l'AIEA, le format de demande du colis et les critères d'acceptation.

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), la Nuclear Regulatory Commission (NRC) des États-Unis et le Department of Transport (DOT) des États-Unis ont collaboré en vue de produire le présent guide pour faciliter l'approbation réglementaire canadienne/américaine des certificats d'homologation du modèle de colis du type B(U) et de colis contenant des matières fissiles. Le guide décrit une méthode en vue de satisfaire aux exigences réglementaires de la CCSN, de la NRC et du DOT à l'égard des modèles de colis destinés au transport.

Le présent document décrit une méthode acceptable aux yeux de la CCSN pour se conformer au *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires* (RETSN), DORS/2000-208, de la CCSN, qui incorpore, en partie, l'édition 1996 (révisée) du TS-R-1 de l'AIEA, et acceptable aux yeux du DOT et de la NRC pour se conformer au règlement américain du Titre 10, Partie 71, *Packaging and Transportation of Radioactive Materials* du *Code of Federal Regulations* (10 CFR Part 71).

Au Canada, le guide est publié sous le titre RD-364, *Guide d'approbation des colis de transport du Type B(U) et des colis transportant des matières fissiles*. Aux États-Unis, le guide est publié sous le titre NUREG-1886, *Joint Canada United States Guide for Approval of Type B(U) and Fissile Material Transportation Packages*. Le document RD-364 adresse les exigences réglementaires canadiennes, pour toute question concernant les exigences réglementaires américaines, veuillez vous référer au guide NUREG-1886.

Il n'est nulle part indiqué dans le guide que le demandeur n'est pas tenu de se conformer aux exigences des règlements applicables. Le demandeur a la responsabilité d'identifier et de se conformer à toutes les lois ou standards, tel qu'approprié.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>A.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>B.</b>	<b>OBJET .....</b>	<b>2</b>
<b>C.</b>	<b>PORTÉE.....</b>	<b>2</b>
<b>D.</b>	<b>PROCESSUS DE DEMANDE .....</b>	<b>3</b>
<b>E.</b>	<b>FORMAT DE LA DEMANDE .....</b>	<b>6</b>
<b>F.</b>	<b>GUIDE RELATIF AU CONTENU DE LA DEMANDE .....</b>	<b>8</b>
<b>1.0</b>	<b>RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX.....</b>	<b>8</b>
1.1	Introduction.....	9
1.2	Description du colis .....	9
1.2.1	Le colis .....	9
1.2.2	Contenu du colis .....	10
1.2.3	Exigences particulières concernant le plutonium.....	12
1.2.4	Caractéristiques opérationnelles.....	12
1.3	Annexe .....	12
<b>2.0</b>	<b>ÉVALUATION DE LA STRUCTURE .....</b>	<b>13</b>
2.1	Description de la conception structurale .....	14
2.1.1	Examen .....	14
2.1.2	Critères de conception .....	14
2.1.3	Poids et centre de gravité .....	15
2.1.4	Codes et normes relatifs à la conception des colis.....	15
2.2	Matériaux.....	16
2.2.1	Propriétés et spécifications des matériaux .....	16
2.2.2	Réactions chimiques, galvaniques ou autres .....	17
2.2.3	Effets du rayonnement sur les matériaux .....	17
2.3	Fabrication et examen .....	18
2.3.1	Fabrication .....	18
2.3.2	Examen .....	18
2.4	Prescriptions générales concernant tous les colis.....	18
2.4.1	Taille minimale du colis.....	18
2.4.2	Dispositif inviolable .....	19
2.4.3	Fermeture positive .....	19
2.5	Prises de levage et prises d'arrimage de tous les colis.....	19
2.5.1	Dispositifs de levage .....	19
2.5.2	Dispositifs d'arrimage.....	20
2.6	Conditions normales de transport .....	20
2.6.1	Températures élevées .....	23
2.6.1.1	Résumé des pressions et des températures .....	24
2.6.1.2	Dilatation thermique différentielle .....	24
2.6.1.3	Calculs relatifs aux contraintes .....	24
2.6.1.4	Comparaison avec les contraintes admissibles.....	24

2.6.2	Basses températures .....	24
2.6.3	Pression externe réduite .....	25
2.6.4	Pression externe accrue .....	25
2.6.5	Vibration .....	25
2.6.6	Épreuve d'aspersion d'eau .....	26
2.6.7	Épreuve de chute libre .....	26
2.6.8	Chute sur un coin .....	26
2.6.9	Épreuve de gerbage .....	26
2.6.10	Épreuve de pénétration.....	27
2.7	Conditions d'accident hypothétique.....	27
2.7.1	Chute libre.....	28
2.7.1.1	Chute à plat.....	29
2.7.1.2	Chute sur un côté.....	29
2.7.1.3	Chute sur un coin.....	29
2.7.1.4	Chute sur une arête .....	29
2.7.1.5	Sommaire des résultats .....	29
2.7.2	Épreuve d'écrasement .....	30
2.7.3	Épreuve de perforation .....	30
2.7.4	Épreuve thermique.....	30
2.7.4.1	Sommaire des pressions et des températures .....	31
2.7.4.2	Dilatation thermique différentielle .....	31
2.7.4.3	Calculs des contraintes.....	31
2.7.4.4	Comparaison avec les contraintes admissibles.....	31
2.7.5	Immersion — Matière fissile.....	31
2.7.6	Immersion — Tous les colis.....	31
2.7.7	Épreuve d'immersion en eau profonde (pour les colis du type B contenant plus de $10^5 A_2$ ).....	32
2.7.8	Résumé des dommages .....	33
2.8	Conditions d'accident hypothétique de transport par voie aérienne des colis contenant du plutonium ou de grandes quantités de radioactivité .....	33
2.9	Conditions d'accident hypothétique pour les colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne.....	33
2.10	Matières sous forme spéciale.....	33
2.11	Barres de combustible.....	34
2.12	Annexe .....	34
<b>3.0</b>	<b>ÉVALUATION THERMIQUE.....</b>	<b>35</b>
3.1	Description de la conception thermique .....	35
3.1.1	Caractéristiques de conception.....	35
3.1.2	Chaleur de désintégration du contenu .....	36
3.1.3	Tableaux sommaires des températures .....	36
3.1.4	Tableaux sommaires des pressions maximales .....	36
3.2	Propriétés des matériaux et spécifications des composants.....	36
3.2.1	Propriétés des matériaux .....	36
3.2.2	Spécifications des composants.....	37
3.3	Observations d'ordre général .....	37
3.3.1	Évaluation par analyse.....	37
3.3.2	Évaluation par épreuve .....	39

3.4	Évaluation thermique dans des conditions normales de transport .....	39
3.4.1	Températures élevées et basses températures .....	40
3.4.2	Températures générant des contraintes thermiques maximales.....	41
3.4.3	Pression d'utilisation normale maximale.....	41
3.5	Évaluation thermique dans des conditions d'accident.....	42
3.5.1	Conditions initiales .....	42
3.5.2	Conditions de l'épreuve thermique .....	42
3.5.3	Températures et pression maximales.....	43
3.5.4	Températures donnant lieu aux contraintes thermiques maximales .....	44
3.5.5	Températures du combustible et de la gaine dans le cas du combustible nucléaire irradié.....	44
3.5.6	Conditions d'accident des colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne.....	44
3.6	Annexe .....	45
<b>4.0</b>	<b>CONFINEMENT .....</b>	<b>46</b>
4.1	Description de l'enveloppe de confinement.....	46
4.1.1	Exigences spéciales relatives au combustible nucléaire irradié endommagé.....	48
4.2	Confinement dans des conditions normales de transport .....	48
4.3	Confinement dans des conditions d'accident hypothétique.....	50
4.4	Épreuve d'étanchéité pour les colis du type B.....	51
4.5	Annexe .....	51
<b>5.0</b>	<b>ÉVALUATION DU BLINDAGE .....</b>	<b>52</b>
5.1	Description du blindage .....	52
5.1.1	Caractéristiques de conception.....	52
5.1.2	Tableau sommaire de l'intensité de rayonnement maximale .....	52
5.2	Spécification de la source .....	54
5.2.1	Source gamma.....	55
5.2.2	Source de neutrons.....	56
5.3	Modèle de blindage .....	56
5.3.1	Configuration de la source et du blindage .....	56
5.3.2	Propriétés des matériaux.....	57
5.4	Évaluation du blindage .....	58
5.4.1	Méthodes .....	58
5.4.2	Données d'entrée et de sortie.....	59
5.4.3	Conversion du flux au débit de dose .....	59
5.4.4	Intensité du rayonnement externe .....	59
5.5	Annexe .....	60
<b>6.0</b>	<b>ÉVALUATION DE LA CRITICITÉ .....</b>	<b>60</b>
6.1	Description de la conception de criticité .....	61
6.1.1	Caractéristiques de conception.....	61
6.1.2	Tableau sommaire de l'évaluation de la criticité .....	62
6.1.3	Indice de sûreté-criticité .....	63
6.2	Contenu constitué de matière fissile .....	63
6.3	Observations d'ordre général .....	64
6.3.1	Configuration du modèle.....	65

6.3.2	Propriétés des matériaux .....	65
6.3.3	Programmes informatiques et bibliothèques de sections efficaces .....	66
6.3.4	Démonstration de la réactivité maximale .....	66
6.3.5	Crédit associé à la combustion pour les colis contenant du combustible irradié .....	67
6.4	Évaluation des colis considérés isolément .....	68
6.4.1	Configuration .....	68
6.4.2	Résultats .....	69
6.5	Évaluation des colis en nombre dans des conditions normales de transport .....	69
6.5.1	Configuration .....	69
6.5.2	Résultats .....	70
6.6	Agencements de colis dans des conditions d'accident hypothétique .....	70
6.6.1	Configuration .....	70
6.6.2	Résultats .....	70
6.7	Colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne .....	71
6.7.1	Configuration .....	71
6.7.2	Résultats .....	71
6.8	Évaluations de référence .....	71
6.8.1	Applicabilité des expériences de référence .....	71
6.8.2	Détermination du biais .....	72
6.9	Annexe .....	72
<b>7.0</b>	<b>MODE D'EMPLOI DE L'EMBALLAGE .....</b>	<b>73</b>
7.1	Chargement du colis .....	73
7.1.1	Préparation en vue du chargement .....	74
7.1.2	Chargement du contenu .....	74
7.1.3	Préparation en vue du transport .....	75
7.2	Déchargement du colis .....	76
7.2.1	Réception des colis amenés par le transporteur .....	76
7.2.2	Retrait du contenu .....	77
7.3	Préparation pour le transport des emballages vides .....	77
7.4	Autres opérations .....	78
7.5	Annexe .....	78
<b>8.0</b>	<b>ÉPREUVES D'ACCEPTATION ET PROGRAMME D'ENTRETIEN .....</b>	<b>78</b>
8.1	Épreuves d'acceptation .....	78
8.1.1	Inspections visuelles et mesures .....	79
8.1.2	Examen des soudures .....	80
8.1.3	Épreuve structurale et épreuve de pression .....	80
8.1.4	Épreuves d'étanchéité .....	80
8.1.5	Épreuves relatives aux composants et aux matériaux .....	80
8.1.6	Épreuves de blindage .....	81
8.1.7	Épreuves thermiques .....	81
8.1.8	Épreuves diverses .....	81
8.2	Programme d'entretien .....	81
8.2.1	Épreuve structurale et épreuve de pression .....	82
8.2.2	Épreuves d'étanchéité .....	82
8.2.3	Épreuves relatives aux composants et aux matériaux .....	82
8.2.4	Épreuves thermiques .....	83

8.2.5	Épreuves diverses .....	83
8.3	Annexe .....	83
<b>9.0</b>	<b>ASSURANCE DE LA QUALITÉ .....</b>	<b>83</b>
9.1	Exigences relatives au programme d'AQ américain.....	84
9.2	Exigences relatives au programme canadien d'assurance de la qualité (AQ) ....	86
	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>87</b>
	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>91</b>
	<b>ANNEXE A CORRESPONDANCE ENTRE LE RETSN ET LE RÈGLEMENT TS-R-1 DE L'AIEA.....</b>	<b>93</b>



# GUIDE D'APPROBATION DES COLIS DE TRANSPORT DU TYPE B (U) ET DES COLIS TRANSPORTANT DES MATIÈRES FISSILES

## A. INTRODUCTION

Le présent guide a été élaboré dans le but de créer un format et un contenu normalisés relativement aux demandes d'approbation de colis de transport du type B(U) et de colis contenant des matières fissiles (du type B et du type A). L'objectif de ce processus est de faciliter l'approbation faite par l'autorité compétente au Canada ou aux États-Unis.

Pour les colis destinés à des fins d'exportation et d'importation seulement, la conception du colis devrait être examinée et approuvée par l'autorité compétente du pays d'origine, soit la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) ou le Department of Transportation (DOT) des États-Unis. L'orientation sur le format et le contenu des demandes d'approbation contenues dans ce document devrait être utilisée pour faire homologuer et valider des colis sous le cadre de référence de ce guide Canada-États-Unis.

Au Canada, pour tous les colis, qu'ils soient destinés à des fins d'exportation et d'importation ou à des expéditions domestiques canadiennes, la conception du colis doit être examinée et approuvée par la CCSN. Si la demande d'homologation ne concerne que la CCSN, d'autres formats de demandes pourraient être acceptés pour autant que soient respectées les exigences du *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires* (RETSN), SOR/2000-208 [7].

Aux États-Unis les modèles de colis tant pour les expéditions intérieures et internationales doivent être homologués par la Nuclear Regulatory Commission (NRC). Le DOT émet un certificat d'accompagnement (homologation de l'autorité compétente) pour un modèle de colis homologué par la NRC utilisé pour des importations et exportations américaines. Si la demande d'homologation est adressée uniquement à la NRC, le format type de la NRC ou un autre format soumis par le demandeur pourraient être acceptés pour autant qu'ils respectent les exigences du règlement de la NRC *Packaging and Transportation of Radioactive Materials* (10 CFR Part 71) [26].

Pour les colis ayant des caractéristiques uniques, le DOT fait réaliser par la NRC des évaluations techniques à des fins d'importation ou d'exportation. De même, la CCSN réalise également ce genre d'évaluation des emballages.

L'orientation décrit une méthode qui est acceptable pour la CCSN afin que la demande soit conforme au RETSN, lequel est basé sur et inclut en partie par référence le document TS-R-1, édition de 1996 (révisée) de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) [9] et pour le DOT et la NRC afin que la demande soit conforme aux exigences Américaines détaillées dans le document Title 10, Part 71, *Packaging and Transportation of Radioactive Materials, du Code of Federal Regulations* (10 CFR Part 71) [26].

Au Canada, le guide est publié sous le titre RD-364, *Guide d'approbation des colis de transport du Type B(U) et des colis transportant des matières fissiles*. Aux États-Unis, le guide est publié sous le titre NUREG-1886, *Joint Canada United States Guide for Approval of Type B(U) and Fissile Material Transportation Packages*. Le document RD-364 adresse les exigences réglementaires canadiennes, pour toute question concernant les exigences réglementaires américaines, veuillez vous référer au guide NUREG-1886.

L'adhérence au présent guide n'empêche pas les autorités compétentes des deux pays de réaliser des examens techniques détaillés relativement à toute demande de validation.

Aucun élément du présent guide ne dégage tout demandeur des exigences réglementaires pertinentes. Le demandeur a la responsabilité d'identifier et de se conformer à la réglementation et aux standards applicables.

## **B. OBJET**

Le présent guide a pour but d'aider les demandeurs à préparer des demandes qui démontrent de manière exhaustive qu'un colis donné respecte la réglementation canadienne ou américaine, selon le cas. Il permet également d'aider les examinateurs à revoir et à approuver les demandes. Lorsqu'il y a des différences dans les exigences réglementaires, une orientation est fournie pour aider le demandeur à répondre correctement aux exigences réglementaires spécifiques.

## **C. PORTÉE**

### **Renseignements généraux**

Le présent guide s'applique particulièrement aux demandes d'approbation de colis du type B(U) et de colis contenant des matières fissiles (du type B et du type A) destinés au transport, conformément aux exigences d'emballage de la NRC et de la CCSN. Ce guide ne s'applique pas à l'approbation des matières radioactives sous forme spéciale, à certaines expéditions par voie aérienne de colis du type B, à l'expédition de matières à faible dispersion (MRFD), aux colis du type C ou aux matières fissiles de cote inférieure aux colis du type A.

### **Expédition par voie aérienne**

Dans le cas des expéditions de colis du type B par voie aérienne, les limites relatives au contenu précisées dans la réglementation de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) doivent être respectées pour ce qui est des expéditions internationales et des expéditions à l'intérieur du Canada. Pour transporter des matières radioactives dans un colis en quantité dépassant les limites précisées pour les colis du type B spécifiées dans la réglementation de l'OACI, l'utilisation d'un colis du type C est requise, sinon on doit démontrer que la matière est conforme aux exigences relatives aux MRFD.

La réglementation de la NRC comprend des dispositions particulières pour ce qui est du transport du plutonium par voie aérienne. Elle comprend les règlements 10 CFR 71.64, *Special Requirements for Plutonium Air Shipments*, et 10.CFR 71.88, *Air Transport of*

*Plutonium*, qui, entre autres choses, précisent quels sont les colis et les expéditions de plutonium qui sont visés, ainsi que le règlement 10 CFR 71.74, *Accident Conditions for Air Transport of Plutonium*, qui précise les conditions d'essai requises pour les colis contenant du plutonium transportés par voie aérienne.

La réglementation de la CCSN comprend les exigences relatives aux limites concernant la quantité de matières radioactives qui peuvent être transportées par voie aérienne dans un colis du type B (à moins qu'il s'agisse d'une matière radioactive homologuée comme étant à faible dispersion). Les exigences de la CCSN ne sont pas spécifiques au plutonium, mais s'appliquent à toutes les matières radioactives en quantités dépassant 3000 A<sub>1</sub> ou 100 000 A<sub>2</sub> (soit la plus faible valeur des deux) pour ce qui est des matières sous forme spéciale, et 3000 A<sub>2</sub> pour ce qui est des matières radioactives qui ne sont pas sous forme spéciale. Par conséquent, les demandes relatives à l'approbation de colis contenant du plutonium transportés par voie aérienne, les matières dépassant ces valeurs et les colis du type C ne sont pas visés par le présent document.

### **Demandes concernant des matières radioactives à faible dispersion (MRFD)**

Les matières radioactives à faible dispersion (MRFD) exigent une approbation multilatérale et les colis du type B qui contiennent des MRFD doivent également recevoir une approbation multilatérale en vertu du règlement TS-R-1 de l'AIEA. L'approbation relative aux MRFD sera requise de la part du Canada et des États-Unis, conformément au TS-R-1. Les demandes relatives à l'approbation des MRFD ne sont pas visées par le présent document.

### **Colis du type B(U)**

Les modèles de colis du type B qui contiennent des matières radioactives destinées au transport par route ou au transport maritime ou ferroviaire sont visées par le présent guide. On devrait démontrer que les colis respectent les exigences des colis du type B(U) pour approbation par le Canada et les États-Unis, tel qu'indiqué dans le présent guide.

### **Colis contenant des matières fissiles**

Les modèles de colis qui contiennent des matières fissiles devraient respecter les exigences pour les colis du type AF ou du type B(U)F en vue de l'approbation par le Canada et les États-Unis, tel qu'indiqué dans le présent guide. Les colis industriels conçus pour transporter des matières fissiles ne sont pas reconnus par la réglementation Américaine.

## **D. PROCESSUS DE DEMANDE**

### **Renseignements généraux**

La demande devrait comprendre le rapport d'analyse de la sûreté et les documents d'approbation émis par le Canada ou les États-Unis, s'ils sont disponibles, ainsi qu'une lettre dans laquelle figurent le nom, l'adresse, le numéro de télécopieur, le courriel et le numéro de téléphone du demandeur, ainsi que le but de la demande et le mode de transport. Les demandeurs canadiens devraient présenter leur demande à l'autorité

compétente canadienne en vue d'une approbation initiale, puis à l'autorité compétente Américaine pour une validation subséquente. Les demandeurs américains doivent présenter leur demande à la NRC, pour les colis du type B et les colis contenant des matières fissiles, en vue d'une approbation initiale, puis à l'autorité compétente canadienne pour une validation subséquente.

### **Adresses pour soumettre les demandes**

La demande devrait être présentée à l'autorité appropriée, à l'une des adresses suivantes :

*Pour les colis canadiens et la validation canadienne des colis étrangers :*

Commission canadienne de sûreté nucléaire  
Division des autorisations de transport et du soutien stratégique  
C.P. 1046  
280, rue Slater  
Ottawa, Ontario, Canada K1P 5S9

Télécopieur : 613-995-5086  
Téléphone : 1-888-229-2672  
Courriel : [transport@cnsccsn.gc.ca](mailto:transport@cnsccsn.gc.ca)

*Pour la validation américaine des certificats de colis à utiliser pour l'importation et l'exportation entre les États-Unis et le Canada :*

U.S. Department of Transportation  
Radioactive Materials Branch  
Office of Hazardous Materials Technology  
Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration  
East Building, E21-303, PHH-23  
1200 New Jersey Avenue, SE  
Washington, DC 20590

Télécopieur : 202-366-3753  
Téléphone : 202-366-4545  
Courriel : [ramcert@dot.gov](mailto:ramcert@dot.gov)

*Pour les approbations américaines relatives aux colis contenant des matières fissiles et pour les colis du type B pour expéditions domestiques aux États-Unis :*

U.S. Nuclear Regulatory Commission  
ATTN : Document Control Desk  
Director, Division of Spent Fuel Storage and Transportation  
Office of Nuclear Material Safety and Safeguards  
Washington, DC 20555-0001

Télécopieur : 301-492-3300

Téléphone : 301-492-3345

Courriel : [EIE@nrc.gov](mailto:EIE@nrc.gov)

À moins d'indication contraire, tous les renseignements présentés aux autorités compétentes respectives seront disponibles en raison de l'obligation d'informer le public. Les renseignements commerciaux de nature exclusive, comme les détails de conception indiqués sur les dessins d'homologation, pourraient être retenus et ne pas être présentés au public.

Aux États-Unis, la demande de rétention de la part du demandeur devrait être accompagnée d'un affidavit et devrait comprendre l'information appuyant la demande que le matériel soit considéré comme un renseignement commercial de nature exclusive en vertu de la réglementation américaine (10 CFR 2.390, *Public Inspections, Exemptions, Requests for Withholding*).

Au Canada, la CCSN est assujettie à la *Loi sur l'accès à l'information* (<http://laws.justice.gc.ca/fr/showdoc/cs/a-1/11fr?page=1.html>). La Loi donne un droit d'accès au registre relevant d'une institution gouvernementale. Tous les renseignements sont publiés en réponse à des demandes, à moins qu'une exception limitée et spécifique ou que plusieurs exceptions de ce genre au droit d'accès s'appliquent. La CCSN a l'obligation de publier toute information pouvant être raisonnablement retranchée de cette information qui constitue une exception (la CCSN n'accordera pas de dispense générale à un dossier si seulement une partie de l'information constitue une exception). Il incombe au demandeur de prouver que l'information contenue dans un dossier satisfait aux exigences établies et ce, pour chaque exception demandée. Toutes les décisions de la CCSN visant à refuser l'accès à l'information peuvent être examinées indépendamment par le Commissariat à l'information du Canada et par la Cour fédérale.

### **Échéancier**

De façon générale, la demande devrait être présentée au moins un an à l'avance dans le cas des nouveaux modèles, six mois à l'avance dans le cas des modifications, et trois mois à l'avance en ce qui concerne les renouvellements d'homologation et de validations avant que des approbations soient requises.

Les demandeurs devraient aviser suffisamment à l'avance l'autorité compétente en cause avant tout test de confirmation de la conception. Les demandeurs sont encouragés à rencontrer des représentants de l'organisme de réglementation avant et pendant le processus de conception, afin de faciliter une bonne compréhension des exigences réglementaires.

## E. FORMAT DE LA DEMANDE

### Renseignements généraux

La demande est le principal document dans lequel un demandeur fournit les renseignements et les fondements à l'autorité compétente pour que celle-ci détermine si un colis donné respecte les exigences des normes du pays relatives au colis. En ce sens, le présent guide indique quels renseignements sont requis et présente un format normalisé pour fournir cette information dans le cas où une approbation est requise tant au Canada qu'aux États-Unis.

Si la demande d'homologation est adressée uniquement à la CCSN, d'autres formats soumis par le demandeur pourraient être acceptés pour autant qu'il soit conforme aux exigences du *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires* (RETSN), SOR/2000-208. Si la demande d'homologation est adressée uniquement à la NRC, le format type de la NRC ou un autre format soumis par le demandeur pourraient être acceptés pour autant qu'ils respectent les exigences du règlement de la NRC *Packaging and Transportation of Radioactive Materials* (10 CFR Part 71) [26].

En plus du présent guide, les renseignements fournis dans la demande devraient être à jour et tenir compte des technologies récentes en matière de transport de matières radioactives, et devraient tenir compte de tout changement récent apporté à la réglementation et aux documents guides des autorités compétentes, aux codes et aux normes de l'industrie, ainsi que des développements dans la sûreté des transports et de l'expérience dans la conception, la construction et l'utilisation de colis pour transporter des matières radioactives.

Les demandeurs devraient fournir des renseignements clairs et concis dans la demande. Les énoncés confus ou ambigus et les descriptions inutilement longues ne contribuent pas à favoriser un traitement rapide de la demande. Les affirmations concernant la pertinence des conceptions ou les méthodes de conception devraient être appuyées par des bases techniques (c.-à-d. une évaluation technique appropriée ou une description des essais réels). La terminologie devrait être utilisée tel que défini dans la réglementation sur l'emballage et le transport.

Le rapport de l'analyse de sûreté devrait suivre le système de numérotation et les sous-titres du format, au moins jusqu'au troisième niveau (p. ex. 2.1.2, Critères de conception) tel qu'indiqué à la section F du présent guide. Lorsqu'une exigence particulière ne s'applique pas à un colis donné, les demandeurs devraient employer l'expression « sans objet », plutôt que d'omettre la section correspondante. En outre, lorsque le demandeur ne répond pas à une exigence en particulier, il devrait en indiquer la raison, lorsque l'applicabilité de cette exigence est remise en cause.

Les annexes de chacune des sections de la demande devraient comprendre les renseignements détaillés qui ont été omis dans le texte principal. La première annexe d'une section donnée de la demande devrait comprendre une liste des documents qui sont mentionnés en référence dans le texte de cette section, y compris les numéros de page, s'il y a lieu. Dans le cas où l'on inclut dans la demande des renseignements commerciaux

de nature exclusive, il faut également mentionner en référence la description sommaire non commerciale des documents en question.

Les annexes de chaque section de la demande devraient contenir des renseignements suffisamment détaillés ainsi que des photographies qui appuient toutes les épreuves physiques des composants et des colis dont il est question dans la section. Le demandeur peut également utiliser les annexes pour fournir des renseignements additionnels qui ne sont pas explicitement identifiés dans le format normalisé.

Lorsqu'une demande contient des valeurs numériques, le nombre de chiffres significatifs devrait refléter l'exactitude et la précision connues de ce nombre. En outre, les unités SI accompagnées des unités classiques équivalentes, s'il y a lieu, devraient être fournies pour les valeurs numériques. Au besoin, le demandeur devrait préciser les limites estimées des erreurs ou de l'incertitude. Le demandeur ne devrait pas ignorer ou arrondir les chiffres significatifs si cet ajustement affecte les conclusions subséquentes.

Le demandeur devrait utiliser des abréviations, des symboles et des termes spéciaux de manière uniforme dans l'ensemble de la demande, et il devrait le faire de manière conforme à ce qui est accepté généralement. Chacune des sections de la demande devrait définir toute abréviation, ainsi que tout symbole ou tout terme spécial employé dans la section qui se rapporte exclusivement au colis proposé, ou qui n'est pas d'usage courant.

Le demandeur devrait utiliser des dessins, des diagrammes, des illustrations et des graphiques lorsque ceux-ci permettent de présenter de manière plus exacte ou plus pratique l'information à fournir. Les demandeurs devraient s'assurer que ces dessins, diagrammes, illustrations et graphiques présentent l'information dans une forme lisible, avec les symboles pertinents définis. Cependant, les détails indiqués sur les dessins devraient être suffisants pour assurer l'homologation. Des renseignements additionnels sur les dessins d'homologation, semblables à ceux requis pour les dessins de fabrication, nécessitent un examen fréquent et une approbation par les autorités réglementaires si des changements sont apportés, et pourraient ne pas être nécessaires pour appuyer l'homologation du colis. En outre, les demandeurs ne devraient pas réduire les dessins, diagrammes, illustrations et graphiques de manière trop importante, afin que le lecteur ne soit pas obligé d'avoir recours à des aides visuelles pour interpréter l'information pertinente.

Les demandeurs devraient numéroter les pages de manière séquentielle dans chaque section et annexe. Par exemple, la quatrième page de la section 6 sera numérotée 6-4.

### **Documents électroniques**

Si un demandeur présente l'ensemble de sa demande ou une partie de celle-ci de manière électronique, les documents devraient être présentés de manière à ce que l'organisme puisse recevoir, lire, authentifier, diffuser, effectuer une recherche de texte et archiver la demande ainsi que la traiter ou la récupérer une page à la fois.

### **Révisions**

Dans le cas des copies papier, les demandeurs devraient mettre à jour les données et le texte en remplaçant les pages, plutôt qu'en utilisant des « marques à l'encre » ou des « changements copier-coller ». Dans le cas des demandes qui sont présentées sous forme électronique, le demandeur devrait présenter les rapports d'analyse de sûreté mis à jour dans leur ensemble. En outre, le demandeur devrait fournir la liste des changements et mettre en surbrillance les parties mises à jour ou révisées sur chaque page, à l'aide d'un « indicateur de changement » qui est une ligne verticale en caractères gras dans la marge opposée à la marge de liaison. La ligne devrait être de la même longueur que la partie modifiée.

Toutes les pages présentées avec mise à jour, révision ou ajout à une demande devraient comporter la date du changement et le changement correspondant ou le numéro de modification. Une lettre d'accompagnement, incluant une page guide précisant les pages à insérer et à enlever, devrait accompagner les pages révisées. S'il y a lieu, des pages additionnelles peuvent suivre la page révisée.

Tous les énoncés sur une page révisée devraient être exacts et correspondre à la date de chaque lettre d'accompagnement. Le demandeur devrait s'assurer qu'il révisé les sections principales de la demande dans le but de refléter tout changement de conception signalé dans les renseignements additionnels (p. ex. réponses à la NRC et au personnel de la CCSN concernant les renseignements ou les réponses aux demandes réglementaires).

## **F. GUIDE RELATIF AU CONTENU DE LA DEMANDE**

### **1.0 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX**

Cette section de la demande devrait comporter une introduction et une description générale du colis. Le demandeur devrait également préciser que la demande respecte les exigences réglementaires de la CCSN (notamment le RETSN, qui fait référence au document TS-R-1 de l'AIEA, édition de 1996 (révisée)), et du règlement 10 CFR, partie 71 de la NRC. Tel qu'indiqué dans le présent guide, la demande devrait démontrer que le colis respecte les exigences les plus rigoureuses de ces deux réglementations. Dans le texte suivant, les encadrés en grisé précisent les exigences les plus rigoureuses lorsque les différences sont importantes. Si l'on cherche à obtenir une approbation seulement pour un des deux pays, ce guide pourrait ne pas s'appliquer.

Le but de la demande devrait être clairement précisé. La demande peut concerner une approbation d'un nouveau modèle, une modification d'un modèle homologué, ou le renouvellement d'une approbation existante. Les demandes relatives à un nouveau modèle devraient être complètes et devraient contenir les renseignements requis à la sous-section D, *Application for Package Approval*, du 10 CFR 71 et à la section VI du TS-R-1 qui est référencée à la section 1(4) du RETSN, s'il y a lieu.

Les demandes relatives à la modification d'un modèle homologué devraient indiquer clairement les changements demandés. Les modifications peuvent comprendre des changements à la conception, des changements au contenu autorisé, ou des changements aux conditions d'approbation. Les changements relatifs à la conception devraient être clairement identifiés dans les dessins du colis révisés. La demande devrait comprendre

une évaluation des changements, accompagnée d'une justification à l'effet que ces changements n'empêchent pas le colis de respecter les exigences réglementaires. Les demandes relatives à des modifications peuvent être assujetties aux dispositions du 10 CFR 71.19, *Previously Approved Package*, et des paragraphes 816 et 817 du TS-R-1 qui sont référencés à l'alinéa 16(1)(a)(viii) du RETSN. Les modifications sont applicables seulement aux modèles de colis qui ont été approuvés en vertu du présent guide. Dans le cas des modèles homologués avant l'entrée en vigueur du guide, des demandes révisées peuvent être soumises en vertu du présent guide.

L'utilisation de colis qui ne sont pas conformes aux dessins mentionnés en référence dans l'approbation de la conception n'est pas autorisée. De même, seul le contenu précisé dans la demande peut être transporté. Les opérations relatives aux colis, les épreuves d'acceptation et le programme d'entretien peuvent également être précisés à titre de conditions de l'approbation.

## 1.1 Introduction

Cette section de la demande devrait préciser l'emploi prévu du colis, le numéro de modèle et, dans le cas des colis contenant des matières fissiles, l'indice de sûreté-criticité (ISC) et la valeur de « N », tel que défini dans 10 CFR 71.59, *Standards for Arrays of Fissile Material*, et au paragraphe 681 du TS-R-1 tel qu'incorporé dans la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1. Cette partie devrait préciser clairement toute restriction concernant le mode de transport, l'arrimage, l'utilisation exclusive ou le moyen de transport du colis.

## 1.2 Description du colis

Cette section devrait comprendre une description du colis, tel qu'exigé par le 10 CFR 71.33, *General License : Plutonium-Beryllium Special Form*, et les paragraphes 807 et 813 du TS-R-1 qui sont référencés au paragraphe 7(1)a) du RETSN. La description du colis devrait être suffisamment détaillée pour constituer une base adéquate en vue de l'évaluation.

### 1.2.1 Le colis

Cette section devrait comporter une description de l'emballage et de l'équipement auxiliaire, avec les caractéristiques de conception bien mises en relief. Les illustrations, les figures ou autres diagrammes schématiques devraient être fournis, selon le cas. Les dessins techniques de l'emballage devraient être présentés à l'annexe. La description générale de l'emballage devrait comprendre les renseignements suivants :

1. les dimensions extérieures hors tout (la plus petite dimension extérieure hors tout du colis ne doit pas être inférieure à 10 cm, tel que précisé dans 10 CFR 71.43(a), ou au paragraphe 634 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1);
2. le poids maximal (plein) et le poids minimal (vide) (s'il y a lieu);

3. la pression d'utilisation normale maximale, tel que défini dans le 10 CFR 71.4, *Definitions*, ou le paragraphe 228 du TS-R-1;
4. les éléments de structure, y compris les dispositifs de levage et les prises d'arrimage, les limiteurs d'impact ou tout autre dispositif d'absorption de l'énergie, les caractéristiques d'appui ou de positionnement interne, la coquille ou l'emballage extérieur et les dispositifs de fermeture de l'emballage;
5. les composants secondaires de l'emballage, y compris les conteneurs internes, les espaceurs, les dispositifs d'étalement;
6. dans le cas du combustible nucléaire irradié (CNI), les composants internes, comme les paniers et tout conteneur interne pour le combustible endommagé ou consolidé;
7. les dispositifs inviolables (indiquant que le colis n'a pas été ouvert), tel que précisé dans 10 CFR 71.43(b), ou au paragraphe 635 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1;
8. le marquage du colis (p. ex. le numéro de modèle, le numéro de série, le poids brut, et le numéro d'identification assigné);
9. les codes et normes employés pour la conception du colis, la spécification des matériaux, la fabrication, la soudure et l'inspection;
10. les caractéristiques du transfert thermique;
11. les caractéristiques du confinement, y compris les ouvertures comme les événements, les orifices et les orifices d'échantillonnage;
12. le blindage contre les neutrons et les rayons gamma, y compris les barrières anti-personnel;
13. les caractéristiques de contrôle de la criticité, y compris les poisons neutroniques, le modérateur, les pièges à flux et les espaceurs.

On devrait définir avec précision les limites de l'enveloppe de confinement. Celles-ci peuvent comprendre la cuve de confinement, les soudures, les orifices de fuite ou de remplissage, les vannes, les joints d'étanchéité, les orifices d'essai, les dispositifs de décompression, les couvercles, les panneaux de couvercle et les autres dispositifs de fermeture. Dans le cas où des sceaux multiples sont utilisés pour un dispositif de fermeture unique, le sceau défini comme étant l'enveloppe de confinement devrait être clairement identifié. Une illustration de l'enveloppement de confinement devrait être fournie. Tous les composants devraient figurer dans les dessins techniques à l'annexe. De même, le système d'isolement pour les colis contenant des matières fissiles devrait être défini. Le système d'isolement est composé de caractéristiques qui ont pour but d'assurer la sûreté-criticité, comme les dispositifs qui sont conçus pour retenir et assurer le contrôle géométrique de la matière fissile.

### **1.2.2 Contenu du colis**

Dans cette section, on devrait préciser la quantité de radionucléides à transporter. La description devrait comprendre les renseignements suivants (s'il y a lieu) :

1. la nature générale du contenu (p. ex. combustible irradié, spécimens métallurgiques, source de gammagraphie, etc.);
2. la nature et la quantité maximale (radioactivité ou masse) de la matière radioactive;
3. les limites relatives à la nature et à la quantité de matière fissile;
4. la forme chimique et physique, y compris la masse volumique et la teneur en humidité, ainsi que la présence de toute substance modératrice;
5. l'emplacement et la configuration du contenu à l'intérieur du colis, y compris les contenants secondaires, les matériaux d'emballage, les dispositifs d'étalement, et tout autre matériau qui n'est pas défini comme faisant partie du colis;
6. la nature et la quantité des matières non fissiles employées comme absorbeurs de neutrons ou comme modérateurs;
7. toute matière sujette à des réactions chimiques, galvaniques ou à d'autres réactions, y compris le dégagement de gaz;
8. le poids maximal du contenu radioactif et le poids maximal de la charge utile, y compris les contenants secondaires et l'emballage, s'il y a lieu;
9. la chaleur maximale de désintégration;
10. toute restriction à la charge;
11. dans le cas du combustible nucléaire irradié :
  - a) le type de combustible et les spécifications de l'assemblage, y compris le nombre de barres de combustible et les données relatives aux dimensions des barres de combustible et de l'assemblage;
  - b) les assemblages de contrôle ou les autres contenus (p. ex. sources de démarrage);
  - c) la masse fissile initiale;
  - d) l'irradiation maximale et minimale (s'il y a lieu);
  - e) le temps de refroidissement minimal;
  - f) l'enrichissement initial (maximal et minimal, s'il y a lieu);
  - g) les conditions uniques ou inhabituelles, comme le combustible endommagé, l'enrichissement non uniforme, les pastilles annulaires, etc.;
  - h) le gaz de remplissage de la cavité;
  - i) les estimations de la contamination de surface.

Cette section devrait indiquer toute matière contenue dans une autre classe de matières dangereuses (autre que la classe 7) visée par l'édition la plus récente des *Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses des Nations Unies* [14](p. ex. substance explosive, pyrophorique, corrosive, inflammable, oxydante, etc.). La description devrait comprendre la forme chimique et physique de la matière, les limites relatives à la quantité de matière et la manière dont les propriétés du contenu ont été prises en compte dans la conception du colis.

En outre, cette section devrait comprendre une description du contenu à indiquer sur le certificat d'homologation, y compris le type et la forme de matière et la quantité maximale de matière par colis.

### 1.2.3 Exigences particulières concernant le plutonium

Dans le cas des colis qui pourraient contenir du plutonium en quantité dépassant 0,74 TBq (20 Ci) par colis, on devrait indiquer dans cette partie que le contenu est sous forme solide, conformément au 10 CFR 71.63, *Special Requirements for Plutonium Shipments*.

Il n'existe pas d'exigence semblable au Canada et, par conséquent, pour une approbation des États-Unis, la conformité au règlement 10 CFR 71.63 doit être démontrée; la demande ne devrait inclure comme contenu que du plutonium sous forme solide pour les quantités de plutonium dépassant 0.74 TBq.

### 1.2.4 Caractéristiques opérationnelles

Dans le cas des agencements de colis complexes, cette section devrait comprendre une description des caractéristiques opérationnelles du colis. Cela comprend un diagramme schématique illustrant toutes les vannes, tous les raccords, les tubulures, les ouvertures, les joints d'étanchéité, les limites de l'enveloppe de confinement, et ainsi de suite.

## 1.3 Annexe

L'annexe devrait comprendre les dessins techniques du colis. Les dessins devraient indiquer clairement les caractéristiques de sûreté examinées dans l'évaluation du colis. Les colis autorisés pour l'expédition doivent être conformes au modèle homologué; c'est-à-dire que chaque colis doit être fabriqué conformément aux dessins mentionnés en référence dans le document d'approbation. Bien que les dessins devraient être suffisamment détaillés pour une vérification indépendante et pour l'homologation, il convient de noter que si l'on ajoute des détails additionnels sur les dessins d'homologation, semblables à ceux requis pour les dessins de fabrication, cela nécessitera des révisions fréquentes ainsi qu'une approbation par les autorités réglementaires dans les cas où des changements sont apportés.

Chaque dessin devrait comporter un cartouche qui identifie l'organisation émettrice du dessin, le numéro du dessin, le numéro de la feuille, le titre, la date et la signature ou les initiales indiquant l'approbation du dessin. Les dessins révisés devraient identifier le numéro de la révision, la date et la description du changement dans chaque révision. L'information qui peut être utile pour élaborer et examiner les dessins techniques est indiquée dans le document NUREG ICR-5502 *Engineering Drawings for 10CFR Part 74 Package Approvals* [20]. Les dessins devraient comprendre :

12. l'arrangement général du colis et du contenu, y compris les dimensions;
13. les caractéristiques de conception qui ont une incidence sur l'évaluation du colis;

14. le marquage du colis (p. ex. le numéro de modèle, le numéro de série, le poids brut, et le numéro d'identification assigné);
15. le poids maximal admissible du colis;
16. le poids maximal admissible du contenu et du colis secondaire;
17. le poids minimal, s'il y a lieu;
18. les matériaux de construction, y compris les spécifications des matériaux et une liste de ces derniers.

Les renseignements sur les caractéristiques de conception devraient comprendre, s'il y a lieu :

19. l'identification de la caractéristique de conception et ses composants;
20. les codes, normes, ou autres documents de spécifications semblables relatifs à la fabrication, à l'assemblage et aux éprouves;
21. l'emplacement par rapport aux autres caractéristiques du colis;
22. les dimensions avec les tolérances appropriées;
23. les spécifications opérationnelles (p. ex. le couple de serrage des boulons)
24. la conception des soudures et la méthode d'inspection;
25. les joints dudgeonnés dans l'enveloppe de confinement, avec suffisamment de détails pour illustrer, à tout le moins, les exigences relatives au fini de surface et aux surfaces planes des dispositifs de fermeture, à la garniture, au joint torique et, s'il y a lieu, la méthode de rétention du joint d'étanchéité ou du joint torique.

L'annexe devrait également comprendre une liste des références, des pages applicables des documents référencés qui ne sont pas généralement disponibles, les renseignements d'appui sur les procédures de fabrication spéciales, la détermination de la catégorie de colis et d'autres renseignements additionnels appropriés.

Une illustration reproductible représentant le colis tel que préparé pour le transport doit être fournie afin de se conformer à l'alinéa 807(h) du règlement TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 7(1)(a) du RETSN. L'annexe devrait comprendre une illustration représentant le colis tel que préparé pour le transport.

## 2.0 ÉVALUATION DE LA STRUCTURE

La présente section de la demande devrait indiquer, décrire, examiner et analyser la conception structurale principale du colis, ses composants et les systèmes importants sur le plan de la sûreté. En outre, la présente section devrait décrire la manière dont le colis se conforme aux exigences de performance du règlement 10 CFR 71 et du RETSN (qui référence le règlement TS-R-1).

## 2.1 Description de la conception structurale

### 2.1.1 Examen

Cette section devrait préciser quels sont les principaux éléments de structure et systèmes (par exemple la cuve de confinement, les limiteurs d'impact, le blindage contre le rayonnement, les dispositifs de fermeture et les ouvertures) qui sont importants pour l'utilisation sûre du colis. Lors de la rédaction de cette section, on devrait mentionner en référence l'emplacement de chacun de ces articles sur les dessins et étudier leur conception et leur performance structurales.

Le colis devrait être décrit de manière suffisamment détaillée pour servir de fondement à l'évaluation. Le texte, les illustrations et les données qui décrivent les caractéristiques de conception structurale devraient être conformes aux dessins techniques et aux modèles employés dans l'évaluation de la structure. Les renseignements descriptifs importants sur les structures comprennent :

26. les dimensions, les tolérances et les matériaux;
27. le poids maximal et minimal et les centres de gravité du colis et des sous-assemblages principaux;
28. le poids maximal et minimal du contenu, s'il y a lieu;
29. la pression d'utilisation normale maximale;
30. la description du système de fermeture;
31. la description des exigences relatives à la manutention;
32. les méthodes de fabrication, s'il y a lieu.

### 2.1.2 Critères de conception

Cette section devrait décrire les combinaisons de charge et les facteurs qui servent de critères de conception. Pour chaque critère, on devrait indiquer les contraintes et les déformations maximales admissibles (en pourcentage de déformation ou de valeurs maximales pour la rupture ductile), et on devrait décrire comment les autres modes de défaillance structurale (p. ex. fracture fragile, fatigue, flambage) sont examinés. Si des critères de conception différents doivent être étudiés pour diverses parties de l'emballage ou pour différentes conditions, cette section devrait indiquer les valeurs appropriées dans chaque cas. La section devrait identifier les critères qui sont utilisés pour l'évaluation de la résistance au choc, ainsi que les codes et les normes qui sont utilisés pour déterminer les propriétés des matériaux, les limites de conception, ou les méthodes de combinaison des charges et des contraintes. Dans le cas où les critères de conception s'éloignent de ceux précisés dans les codes normalisés, ou si ces codes ne visent pas certains composants, cette section devrait fournir une description détaillée ainsi qu'une justification pour l'utilisation des critères de conception employés comme substituts. Toutes les hypothèses présentées doivent être vérifiées. Les combinaisons de charge et les critères de conception concernant les colis contenant du CNI (combustible nucléaire

irradié) ou des déchets d'activité élevée sont définis dans les guides d'application de la réglementation 7.6, *Design Criteria for the Structural Analysis of Shipping Cask Containment Vessels* [19], et 7.8, *Load Combinations for the Structural Analysis of Shipping Casks for Radioactive Material* [25], de la NRC.

### 2.1.3 Poids et centre de gravité

Cette section devrait préciser le poids total du colis et de son contenu, et présenter sous forme de tableau le poids des principaux sous-assemblages individuels, de sorte que la somme des parties soit égale au poids total du colis. L'examen devrait identifier l'emplacement du centre de gravité du colis et tout autre centre de gravité mentionné dans la demande. Par exemple, le centre de gravité des principaux sous-assemblages ou des configurations qui comprennent des configurations de blindage ou des sous-assemblages différents, devrait être identifié. Une illustration ou un dessin qui indique clairement les sous-assemblages individuels mentionnés ainsi que le point de référence pour déterminer l'emplacement du centre de gravité devrait être inclus. De façon générale, il n'est pas nécessaire de fournir les calculs ayant servi à déterminer le centre de gravité.

### 2.1.4 Codes et normes relatifs à la conception des colis

Cette section devrait préciser les codes et les normes proposés pour la conception, la fabrication, l'assemblage, les épreuves, l'entretien et l'utilisation des colis. On devrait inclure une évaluation de l'applicabilité des codes et des normes.

Cette section devrait préciser les codes et les normes établis, ou justifier les fondements de la conception et de la fabrication du colis. Les codes et les normes devraient être appropriés à l'usage prévu du colis, et doivent être appliqués adéquatement. Le code ou la norme devrait tenir compte de la quantité et du risque posé par le contenu radioactif du colis. En spécifiant un code ou une norme, il est important de démontrer que le code ou la norme :

33. a été élaboré pour des structures de conception semblable ou constituées de matériaux semblables, si cela n'est pas spécifique au colis;
34. a été élaboré pour des structures qui seront soumises à des conditions de charge semblables;
35. a été élaboré pour des structures dont la défaillance aurait des conséquences semblables;
36. traite adéquatement des modes de défaillance potentiels;
37. traite adéquatement des marges de sûreté.

L'ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) a élaboré un code spécifiquement conçu pour la conception et la construction des enveloppes de confinement des colis contenant du combustible nucléaire irradié, ou des déchets radioactifs de haute activité (*ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Division 3*) [6]. De façon générale, l'utilisation de ce code est acceptable pour les spécifications des matériaux, la conception, la

fabrication, la soudure, l'examen, les épreuves, l'inspection et l'homologation des enveloppes de confinement des colis contenant du combustible irradié. Les écarts par rapport à ce code devraient être explicitement définis et justifiés pour le combustible irradié, les colis contenant des déchets radioactifs de haute activité, ou les autres colis conçus pour le transport de grandes quantités de matières radioactives (p. ex. dont l'activité est supérieure à 3 000 A<sub>1</sub> dans le cas des matières sous forme spéciale ou à 3 000 A<sub>2</sub> dans le cas des matières sous forme normale).

Les renseignements concernant les critères de conception et de fabrication et les codes et normes appropriés pour tous les types de colis de transport de matières radioactives sont fournis aux références 21 et 27.

## 2.2 Matériaux

Cette section devrait décrire les matériaux de l'emballage et examiner les exigences de l'alinéa 10 CFR 71.43(d) ou du paragraphe 613 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

### 2.2.1 Propriétés et spécifications des matériaux

Cette section devrait énumérer les propriétés mécaniques des matériaux utilisés dans l'évaluation de la structure. Celles-ci devraient comprendre la limite apparente d'élasticité, la résistance maximale, le module d'élasticité, la déformation maximale, le coefficient de Poisson, la masse volumique et le coefficient de dilatation thermique. Si des limiteurs d'impact sont utilisés, cette section devrait comprendre soit une courbe de contrainte-déformation par compression pour le matériau ou la relation force-déformation pour le limiteur d'impact, selon le cas. Dans le cas des matériaux qui sont soumis à des températures élevées, les propriétés mécaniques appropriées dans ces conditions devraient être spécifiées. La source d'information dans cette section devrait être indiquée par publication et par numéro de page. Lorsque les propriétés des matériaux sont déterminées par des épreuves, on devrait décrire les procédures d'essai, les conditions et les mesures de manière suffisamment détaillée pour permettre au personnel d'évaluer la validité des résultats. Les matériaux de fabrication des composantes où les risques de ruptures sont critiques, comme entre autres, les enveloppes de confinement, doivent résister aux ruptures fragiles à toutes les températures considérées dans la conception tout en tenant compte des autres facteurs pouvant influencer leur comportement par exemple l'épaisseur des matériaux. Les composantes où les risques de rupture sont critiques comprennent les composantes dont la défaillance pourrait conduire à une fuite de matériau radioactif.

Une spécification appropriée devrait être identifiée pour le contrôle de chaque matériau. Les matériaux et leurs propriétés devraient être conformes au code ou à la norme de conception choisie. Si aucune norme n'est disponible, la demande devrait fournir les propriétés des matériaux documentées et les spécifications pour la conception et la fabrication de l'emballage.

Les matériaux constituant les composantes structurelles où les risques de rupture sont critiques devraient avoir une ténacité suffisante pour empêcher la rupture fragile dans des conditions normales de transport et des conditions d'accident hypothétique. Les guides 7.11, *Fracture Toughness Criteria of Base Material for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Maximum Wall Thickness of 4 inches (0.1m)* [22], et 7.12, *Fracture Toughness Criteria of Base Material for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Wall Thickness Greater than 4 inches (0.1m) But Not Exceeding 12 inches (0.3m)* [23], de la NRC fournissent des critères pour la ténacité.

Les propriétés des matériaux devraient être appropriées aux conditions de charge (p. ex. charge d'impact statique ou dynamique, températures chaudes ou froides, et conditions humides ou sèches). Les températures auxquelles les limites de contrainte admissibles sont définies devraient être conformes aux températures de service minimales et maximales. Les propriétés de force-déformation des limiteurs d'impact devraient être fondées sur des conditions et températures d'essai appropriées.

Dans le cas des colis qui possèdent des dispositifs limiteurs d'impact, les méthodes employées pour établir leurs caractéristiques force-déflexion devraient être fournies et devraient inclure les essais. Les essais des limiteurs d'impact peuvent être réalisés de manière statique, si l'effet de la vitesse de déformation sur les propriétés d'écrasement du matériau est examiné et si l'on en tient compte dans la relation force-déflexion pour l'analyse des impacts. La courbe force-déflexion du limiteur d'impact devrait être fournie pour toutes les orientations de colis analysées.

## **2.2.2 Réactions chimiques, galvaniques ou autres**

Cette section devrait décrire les réactions chimiques, galvaniques ou autres qui peuvent se produire à l'intérieur du colis ou entre le colis et son contenu, ainsi que les méthodes employées pour éviter des réactions importantes. Pour chaque matériau d'emballage, cette section devrait préciser tous les matériaux chimiquement ou galvaniquement dissemblables en contact avec celui-ci. Les revêtements employés sur les surfaces internes ou externes du colis, ainsi que toute réaction résultant des infiltrations d'eau ou des infiltrations dans le château de transport, ainsi que le dégagement possible d'hydrogène ou d'autres gaz suite à des interactions chimiques, radiolytiques ou autres devraient être examinés. Les interactions galvaniques et la formation d'un eutectique dans le cas des composants qui sont, ou qui pourraient être en contact physique avec le colis devraient être examinées. Ces interactions peuvent se produire avec l'uranium appauvri, le plomb ou l'aluminium en contact avec l'acier. S'il y a lieu, on devrait tenir compte de la fragilisation par l'hydrogène en prenant en compte l'état métallurgique du matériau constituant l'emballage. La pyrophoricité devrait également être examinée.

## **2.2.3 Effets du rayonnement sur les matériaux**

Cette section devrait décrire tout effet de vieillissement ou tout dommage causé par le rayonnement sur les constituants de l'emballage et devrait mentionner en référence les limites de dose relatives aux matériaux en cause. Ces effets comprennent la détérioration

des joints, des matériaux d'obturation, des revêtements, des adhésifs et des matériaux structuraux.

## **2.3 Fabrication et examen**

### **2.3.1 Fabrication**

Cette section devrait décrire les procédés de fabrication employés pour le colis, comme l'ajustement, l'alignement, le soudage et le brasage, les traitements thermiques, le remplissage de mousse et le coulage de plomb. Dans le cas des spécifications de fabrication prescrites par un code ou une norme acceptable (p. ex. ceux promulgués par l'*American Society of Mechanical Engineers (ASME)* ou par l'*American Welding Society*), le code ou la norme, l'édition, la date ou les ajouts devraient être clairement spécifiés sur les dessins techniques. À moins d'indication contraire justifiée dans la demande, les spécifications d'un même code ou d'une même norme employées pour la conception devraient également être utilisées pour la fabrication. Dans le cas des composants pour lesquels aucun code ou aucune norme n'est applicable, la demande devrait préciser les spécifications sur lesquelles repose l'évaluation et décrire la méthode de contrôle permettant d'assurer que ces spécifications sont respectées. Cette description devrait mentionner en référence les documents d'assurance de la qualité ou d'autres documents de spécifications appropriés, qui devraient être indiqués sur les dessins techniques.

### **2.3.2 Examen**

Cette section devrait décrire les méthodes et les critères selon lesquels la fabrication est jugée acceptable. À moins d'indication contraire justifiée dans la demande, les spécifications d'un même code ou d'une même norme employées pour la fabrication devraient également être utilisées pour l'examen. Dans le cas des composants pour lesquels aucun code ou norme de fabrication n'est applicable, la demande devrait résumer les méthodes d'examen et les critères d'acceptation au chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*.

## **2.4 Prescriptions générales concernant tous les colis**

Cette section se rapporte aux exigences des alinéas 10 CFR 71.43(a), (b) et (c), *General Standards for All Packages*, ou des paragraphes 634, 635, et 639 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

### **2.4.1 Taille minimale du colis**

Cette section devrait préciser la plus petite dimension hors tout du colis qui ne doit pas être inférieure à 10 cm (4 po).

### **2.4.2 Dispositif inviolable**

Cette section devrait décrire le système de fermeture du colis de manière suffisamment détaillée pour montrer qu'il comporte une caractéristique de protection qui, si elle demeure intacte, prouve que le colis n'a été ouvert par aucune personne non autorisée. La description devrait comprendre les couvercles, les ouvertures, ou autres orifices qui doivent être fermés durant le transport normal. Les indicateurs d'invocabilité et leur emplacement devraient être décrits.

### **2.4.3 Fermeture positive**

Cette section devrait décrire le système de fermeture du colis de manière suffisamment détaillée pour montrer qu'il ne peut pas être ouvert par inadvertance. Cette description devrait comprendre les couvercles, les vannes, ou tout autre accès qui doit être fermé durant le transport normal.

## **2.5 Prises de levage et prises d'arrimage de tous les colis**

### **2.5.1 Dispositifs de levage**

Cette section devrait préciser tous les dispositifs de levage qui peuvent être utilisés pour soulever le colis ou son couvercle, et montrer par des essais ou des analyses que ces dispositifs sont conformes aux exigences du 10 CFR 71.45(a) ou des paragraphes 607 et 608 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Cela comprend une démonstration à l'effet que la défaillance des dispositifs de levage soumis à des charges excessives ne compromettra pas la capacité du colis à respecter les autres exigences. Cette section devrait également comprendre des dessins ou des illustrations qui montrent l'emplacement et la construction de ces dispositifs, et qui devraient montrer les effets des forces imposées par les dispositifs de levage sur d'autres surfaces du colis. Les valeurs documentées des limites apparentes d'élasticité des matériaux devraient être utilisées comme critères pour démontrer la conformité au 10 CFR 71.45(a), y compris la défaillance sous l'effet d'une charge excessive. Dans le cas des dispositifs de fixation ou d'autres dispositifs qui pourraient être utilisés pour soulever le colis et qui ne satisfont pas aux critères de levage, cette section devrait montrer comment elles sont rendues inutilisables pour le levage.

La réglementation canadienne, paragraphes 607 et 608 du TS-R-1, ne précise pas de critère numérique pour les facteurs de charge accélératrice, ou les facteurs de levage « à l'arraché » dans le cas des dispositifs de levage qui font partie de la structure du colis. Le critère spécifié dans le 10 CFR 71.45(a) est un facteur de sûreté minimum d'une série de trois pour ce qui a trait à la déformation. Cette section devrait démontrer que les dispositifs de levage respectent le critère précisé dans le 10CFR 71.45(a).

## 2.5.2 Dispositifs d'arrimage

Cette section décrit le système d'arrimage général du colis et démontre que le système respecte les exigences du 10 CFR 71.45(b) et du paragraphe 636 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Tout dispositif qui constitue une partie structurale du colis et qui peut être utilisé pour l'arrimage devrait être identifié. Les dessins ou les illustrations qui montrent l'emplacement et la construction du système d'arrimage général, ainsi que les dispositifs individuels devraient être fournis. Cette section devrait également présenter des essais ou des analyses qui montrent que ces dispositifs sont conçus pour résister aux forces d'arrimage et devraient démontrer l'effet des forces imposées sur les composants cruciaux du colis, y compris les interfaces entre les dispositifs d'arrimage et les autres surfaces du colis. Les valeurs documentées des limites apparentes d'élasticité des matériaux devraient être utilisées comme critères pour démontrer la pertinence des dispositifs d'arrimage et la défaillance sous l'effet de charge excessive. Cette section devrait démontrer que la défaillance des dispositifs d'arrimage sous l'effet de charge excessive ne compromettra pas la capacité du colis à respecter les autres exigences.

Les règlements canadiens ne spécifient pas de critères de conceptions numériques des dispositifs d'arrimage selon l'article 636 du TS-R-1. Les critères de conception de dispositifs d'arrimage qui font partie de la structure du colis sont définis dans 10 CFR 71.45 (b) comme suit :

« The system must be capable of withstanding, without generating stress in any material of the package in excess of its yield strength, a static force applied to the center of gravity of the package having a vertical component of 2 times the weight of the package with its contents, a horizontal component along the direction in which the vehicle travels of 10 times the weight of the package with its contents, and a horizontal component in the transverse direction of 5 times the weight of the package with its contents. »

Cette section devrait démontrer que les dispositifs d'arrimage respectent les critères du 10 CFR 71.45(b). Dans le cas des dispositifs de fixation, ou d'autres caractéristiques qui font partie de la structure du colis qui pourraient être utilisées pour arrimer le colis et qui ne respectent pas les critères d'arrimage, cette section devrait démontrer de quelle manière ils sont rendus inutilisables pour l'arrimage.

## 2.6 Conditions normales de transport

Cette section devrait décrire l'évaluation démontrant que le colis respecte les prescriptions énoncées dans le 10 CFR 71.43(f) et 71.51(a)(1), ou les paragraphes 646 et 656(a) du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1, lorsqu'il est soumis aux épreuves et conditions précisées dans le 10 CFR 71.71, *Normal Conditions of Transport*, ou dans les paragraphes 719 à 724 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1 (conditions normales de transport). Le colis devrait être évalué en comparaison de chaque condition individuellement. L'évaluation devrait démontrer que

le colis respecte les exigences de rendement applicables précisées dans la réglementation, par exemple il ne devrait y avoir aucune perte ni aucune dispersion du contenu, aucun changement structural réduisant l'efficacité des composants requis pour le blindage, le transfert de chaleur, le contrôle de la criticité, ou le confinement, et aucun changement ne devrait affecter la capacité du colis à résister aux épreuves de conditions d'accident hypothétique.

L'évaluation structurale du colis dans des conditions normales de transport peut être réalisée par des analyses ou des épreuves, ou une combinaison des deux. La description de l'évaluation structurale du colis, présentée dans cette section, devrait démontrer clairement que les conditions initiales d'essai les plus limitatives et les orientations entraînant le plus de dommage ont été examinées, et que les méthodes d'évaluation sont appropriées et appliquées adéquatement. Un ensemble adéquat d'orientations d'essai devrait être étudié, étant donné que l'orientation entraînant le plus de dommage pour un composant n'est pas nécessairement la même que pour un autre composant. Les méthodes d'évaluation devraient être appropriées pour les conditions de charge examinées et devraient suivre les pratiques généralement reconnues. Les résultats devraient être interprétés correctement.

Dans le cas des sections qui suivent, les renseignements généraux suivants devraient être examinés et inclus dans la demande, selon le cas.

38. Dans le cas de l'évaluation par des épreuves, cette section devrait décrire la méthode, les procédures, l'équipement et les installations d'essai qui ont été utilisés. Par exemple, la surface des épreuves de chute devrait être décrite de manière suffisamment détaillée pour montrer qu'elle représente une surface essentiellement rigide. On devrait décrire la barre de perforation en acier et préciser les matériaux qui la composent, ainsi que ses dimensions, montrer que la longueur est suffisante pour causer des dommages maximums au colis, et préciser la méthode employée pour fixer la barre à la surface rigide. La méthode et les instruments d'essai devraient être adéquats pour les mesures requises, et les mesures devraient permettre de décrire la réponse structurale ou les dommages. Le critère échec/réussite pour évaluer la performance du colis lors des épreuves devrait être fourni et justifié.
39. Les orientations du colis évalué pour les épreuves devraient être clairement indiquées et justifiées comme étant celles qui causent le plus de dommage. Dans le cas où des épreuves séquentielles sont requises, les dommages causés lors d'une épreuve devraient être examinés lors des épreuves subséquentes.
40. Si le colis soumis à l'épreuve n'est pas identique en tout point au colis décrit dans la demande, les différences devraient être identifiées et justifiées pour montrer qu'elles n'ont aucune incidence sur les résultats.
41. Les matériaux utilisés comme substituts du contenu radioactif lors des épreuves devraient être décrits et l'on devrait fournir une justification à l'effet que cette substitution n'affectera pas les résultats, y compris une évaluation des effets de la chaleur de désintégration interne et de l'accumulation de pression, s'il y a lieu.

42. Une description détaillée et quantitative des dommages causés par les épreuves devrait être fournie, accompagnée des résultats de toute mesure ayant été réalisée, y compris les dommages intérieurs et extérieurs, ainsi que les photographies du colis endommagé. Des vidéos des épreuves devraient être fournis, si possible. Les résultats des épreuves devraient être évalués de manière exhaustive. Les conclusions des épreuves devraient être valides et défendables. Les résultats d'essai imprévus ou inexplicables indiquant des problèmes possibles lors des épreuves ou un comportement des spécimens non reproductible devraient être examinés et évalués. Les essais devraient démontrer une marge de sûreté adéquate. Les résultats des essais devraient démontrer clairement que les effets des essais peuvent être reproduits de manière fiable. Les effets des incertitudes relatives aux propriétés mécaniques, aux conditions d'essai et aux diagnostics devraient être décrits.
43. Dans le cas des essais portant sur des prototypes et des modèles, cette section devrait fournir une description complète des spécimens d'essai, y compris des dessins détaillés qui montrent leurs dimensions et matériaux ainsi que les tolérances relatives aux dimensions des prototypes ou des modèles. Les tolérances relatives à la fabrication des spécimens d'essai devraient être comparées à celles qui seront utilisées pour le colis. Les spécimens d'essai devraient être fabriqués à partir des mêmes matériaux, et en suivant les mêmes méthodes et procédures d'assurance de la qualité que celles qui ont été spécifiées dans la conception. Dans le cas des modèles d'échelle, cette section devrait préciser le facteur d'échelle qui a été utilisé, en tenant compte de l'échelle de temps, de la masse volumique du matériau, de la vitesse d'impact et de l'énergie cinétique. Des renseignements montrant que l'essai du modèle donnera des résultats prudents pour ce qui est de la force  $g$ , la déformation maximale et la perte d'énergie devraient être fournis. En outre, les dommages causés aux modèles devraient être mis en corrélation avec les dommages causés au colis. De façon générale, les modèles d'échelle ne permettent pas d'obtenir des données quantitatives fiables concernant le taux de fuite du colis.
44. Dans le cas de l'évaluation par une analyse, cette section devrait décrire les méthodes et les calculs employés dans l'évaluation du colis de manière suffisamment détaillée pour permettre au personnel de vérifier les résultats. Ce faisant, la section devrait décrire et justifier clairement toutes les hypothèses employées dans l'analyse et fournir un texte narratif, des illustrations et des diagrammes de forces à l'appui. En outre, dans le cas des équations utilisées dans l'analyse, cette section devrait fournir la source ou indiquer la dérivation.
45. Les programmes informatiques devraient être précisés et décrits et devraient être des programmes bien reconnus, couramment utilisés pour les analyses structurales et applicables à l'évaluation.
46. Les modèles informatiques et informations connexes devraient être bien décrits et justifiés. Par exemple, le nombre d'éléments finis discrets utilisés dans le modèle devrait refléter le type d'analyse effectuée et devrait être approprié, compte tenu de facteurs comme les contraintes ou les déplacements.
47. Les études de sensibilité utilisées pour déterminer le nombre approprié de nœuds ou d'éléments pour un modèle particulier devraient être fournies.

48. Une description détaillée de la modélisation des raccords boulonnés, y compris les types d'éléments, les techniques de modélisation et les propriétés des matériaux devrait être incluse.
49. Dans le cas des analyses des épreuves de résistance au choc, on devrait fournir des renseignements qui montrent que toute l'énergie cinétique sera dissipée et qui identifient que la déformation locale et les forces dynamiques qui se produiront durant l'impact; on devrait fournir des renseignements sur la réponse du colis en termes de contrainte et de déformation des composants et des éléments structuraux, la stabilité structurale des membres individuels, les contraintes attribuables au choc combinées aux contraintes causées par les gradients de température, la dilatation thermique différentielle, la pression et les autres charges. La combinaison des charges et les critères d'acceptation sont indiqués aux références 1 et 2 de la Section 2.13. L'évaluation devrait comparer les contraintes et les déformations maximales avec les tolérances précisées dans le code employé pour la conception. L'analyse devrait fournir des renseignements qui montrent que les combinaisons critiques des conditions environnementales et des conditions de charge ont été évaluées.
50. Les résultats d'analyse devraient être directement comparés avec les critères d'acceptation. La réponse du colis aux charges, en termes de contrainte et de déformation des composants et des éléments de structure, devrait être indiquée. La stabilité structurale des membres individuels devrait être évaluée, selon le cas.
51. Les méthodes d'analyse devraient tenir compte de l'impact sous n'importe quel angle, de la rotation des corps rigides et des impacts secondaires (chute brusque). Les facteurs d'amplification dynamique devraient être appliqués de manière appropriée si l'on a utilisé une technique d'analyse quasi statique.
52. Les modèles et les propriétés des matériaux devraient être appropriés aux combinaisons de charge examinées, et l'évaluation devrait comprendre toutes les conditions initiales et les combinaisons de charge appropriées. Les propriétés des matériaux (p. ex. comportement élastique et plastique) devraient être conformes aux méthodes d'analyse. La vitesse de déformation à laquelle les propriétés ont été déterminées devrait être justifiée. L'analyse devrait tenir compte de la contrainte-déformation réelle ou de la contrainte-déformation technique, suivant le cas.
53. On devrait inclure une évaluation montrant que les conditions normales ne réduisent pas l'efficacité du colis.

### **2.6.1 Températures élevées**

L'évaluation relative à l'épreuve thermique devrait être décrite et faire l'objet du chapitre 3, *Évaluation thermique*. Les résultats de l'évaluation thermique devraient être utilisés comme données d'entrée dans les sections suivantes.

### **2.6.1.1 Résumé des pressions et des températures**

Cette section devrait résumer toutes les pressions et les températures dérivées au chapitre 3 qui seront utilisées pour effectuer les calculs requis aux sections 2.6.1.2 à 2.6.1.4, tel que décrit ci-dessous.

### **2.6.1.2 Dilatation thermique différentielle**

Cette section devrait présenter les calculs relatifs aux déformations et aux contraintes circonférentielles et axiales (selon le cas) qui résultent de la dilatation thermique différentielle. L'évaluation devrait tenir compte des interférences possibles résultant d'une réduction des écarts. Les conditions en régime permanent et les conditions transitoires devraient être examinées. Ces calculs devraient être suffisamment exhaustifs pour démontrer l'intégrité du colis dans des conditions normales de transport et devraient tenir compte des combinaisons de charge appropriées, comme la pression d'utilisation normale maximale et la chaleur de désintégration ainsi que les contraintes de fabrication

### **2.6.1.3 Calculs relatifs aux contraintes**

Cette section devrait présenter les calculs relatifs aux contraintes qui sont attribuables aux effets combinés du gradient thermique, des charges de pression et des charges mécaniques (y compris les contraintes de fabrication associées au coulage et au refroidissement du plomb). On devrait fournir des illustrations qui montrent la configuration et les dimensions des éléments ou des systèmes analysés et les points auxquels les contraintes sont calculées. L'analyse devrait déterminer si des cycles répétés de charge thermique, combinés à d'autres charges, entraîneront une rupture par fatigue ou l'accumulation significative de déformation.

### **2.6.1.4 Comparaison avec les contraintes admissibles**

Cette section devrait présenter les combinaisons de contraintes appropriées et comparer les contraintes résultantes avec les critères de conception précisés dans la demande; on devrait également démontrer que toutes les exigences de rendement pertinentes ont été respectées, tel que précisé dans la réglementation. Les contraintes devraient se situer à l'intérieur des limites pour les charges dans des conditions normales.

## **2.6.2 Basses températures**

L'évaluation thermique pour des conditions normales de basses températures devrait être décrite et fournie au chapitre 3, intitulé *Évaluation thermique*. À l'aide des résultats de l'évaluation thermique, cette section devrait évaluer les effets du froid sur le colis, y compris sur les propriétés des matériaux, ainsi que la possibilité de gel des liquides et de retrait du plomb. Les températures résultantes et leurs effets sur les composants du colis et sur la manipulation de celui-ci devraient être signalés. La rupture fragile devrait être évaluée. L'évaluation devrait tenir compte de la pression interne minimale, de la charge thermique interne minimale (habituellement, on suppose qu'il n'y a aucune chaleur de

désintégration) et de toute contrainte de fabrication résiduelle. La dilatation thermique différentielle et les interférences géométriques possibles devraient être examinées. Les contraintes devraient se situer à l'intérieur des limites pour les charges dans des conditions normales.

### 2.6.3 Pression externe réduite

Cette section devrait décrire l'évaluation du colis soumis à une pression externe réduite, tel que précisé dans le 10 CFR 71.71(c)(3) et aux paragraphes 643 et 619 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. L'évaluation devrait comprendre la différence de pression la plus importante entre l'intérieur et l'extérieur du colis, de même qu'entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe de confinement, et évaluer cette condition en combinaison avec la pression d'utilisation normale maximale.

Il existe des différences entre les dispositions du 10 CFR 71.71(c) et des paragraphes 643 et 619 du TS-R-1. Le paragraphe 643 précise une pression ambiante réduite de 60 kPa et le 10 CFR 71.71(c) précise une pression ambiante réduite de 25 kPa (3,5 lb/po<sup>2</sup>) absolue. Le paragraphe 619 précise une pression ambiante réduite pour le transport par voie aérienne. Cette section devrait montrer que le colis respecte les trois exigences, à moins que le colis ne soit pas transporté par voie aérienne, auquel cas le paragraphe 619 ne s'applique pas.

### 2.6.4 Pression externe accrue

Cette section devrait décrire l'évaluation du colis en ce qui a trait aux effets de la pression externe accrue, tel que spécifié dans le 10 CFR 71.71(c)(4) et au paragraphe 615 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. L'évaluation devrait comprendre la différence de pression la plus importante entre l'intérieur et l'extérieur du colis, de même qu'entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe de confinement, et cette condition devrait être évaluée en combinaison avec la pression interne minimale. Cette section devrait comprendre une évaluation du flambage.

Étant donné que 10 CFR 71.71(c)(4) comprend une valeur spécifique pour la pression externe accrue et qu'il n'existe pas de valeur analogue dans le TS-R-1, cette section devrait montrer que le colis peut supporter la pression externe accrue définie dans le 10 CFR 71.71(c)(4), c.-à-d. 140 kPa (pression absolue).

### 2.6.5 Vibration

Cette section devrait décrire l'évaluation du colis en ce qui a trait aux vibrations que l'on rencontre habituellement dans le transport, tel que spécifié dans le 10 CFR 71.71(c)(5) ou au paragraphe 612 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Les contraintes combinées attribuables aux vibrations, à la température et aux charges de pression devraient être examinées et une analyse de la fatigue devrait être incluse, s'il y a lieu. Si les boulons de fermeture sont réutilisés, la pré-

charge des boulons devrait être examinée dans l'évaluation de la fatigue. Les composants du colis, y compris les composants internes, devraient être évalués dans des conditions de vibration en résonance qui peuvent causer rapidement des dommages par fatigue.

### **2.6.6 Épreuve d'aspersion d'eau**

Cette section devrait montrer que l'épreuve d'aspersion d'eau n'a pas d'effet important sur le colis.

### **2.6.7 Épreuve de chute libre**

Cette section devrait décrire l'évaluation du colis pour ce qui est des effets d'une chute libre. Les commentaires généraux de la section 2.7.1 peuvent également s'appliquer à cette condition. À noter que l'épreuve de chute libre suit l'épreuve d'aspersion d'eau. Cette section devrait également traiter de certains facteurs, comme l'orientation de la chute, les effets de la chute libre conjugués à ceux de la pression, de la chaleur et du froid, et d'autres facteurs discutés à la section 2.6.

Les boulons de fermeture du colis devraient être évalués afin de déterminer l'effet conjugué de la force d'impact en chute libre, des pressions internes, de la contrainte thermique, de la force de compression des joints toriques et de la pré-charge des boulons. Les couvercles et les plaques de couverture des orifices, ainsi que les dispositifs de blindage devraient également être évalués pour déterminer l'effet conjugué des facteurs énumérés.

### **2.6.8 Chute sur un coin**

S'il y a lieu, cette section devrait décrire les effets de la chute de colis sur un coin. L'applicabilité de la chute sur un coin est définie dans le 10 CFR 71.71(c)(8) et au paragraphe 722 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1.

### **2.6.9 Épreuve de gerbage**

Cette section devrait décrire les effets de l'épreuve de gerbage. Le colis doit être soumis, pendant une période de 24 heures, à une charge de compression égale à la plus élevée des deux valeurs suivantes :

54. l'équivalent de 5 fois le poids du colis;
55. l'équivalent du produit obtenu en multipliant 13 kPa (2 lb/po<sup>2</sup>) par l'aire de la projection verticale du colis.

La charge doit être appliquée uniformément au-dessus et au-dessous du colis dans l'orientation normale du colis pendant le transport.

La réglementation canadienne, paragraphe 723 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1, précise que l'épreuve de gerbage n'a pas à être étudiée si la forme du colis empêche effectivement le gerbage. La réglementation Américaine dans le 10 CFR 71.71(c)(9) ne comprend pas l'exception; cependant, l'épreuve de gerbage n'est requise que dans le cas des colis de petite taille et dont la masse est inférieure à 500 kg (1 100 livres). Pour respecter les exigences réglementaires, l'évaluation devrait tenir compte des effets de l'épreuve de gerbage pour :

56. tous les colis dont la masse est inférieure à 500 kg;
57. les colis dont la masse est supérieure à 500 kg, si la forme du colis n'empêche pas le gerbage.

### 2.6.10 Épreuve de pénétration

Cette section devrait décrire les effets de la pénétration sur le colis et devrait identifier l'emplacement le plus vulnérable sur la surface du colis.

## 2.7 Conditions d'accident hypothétique

Cette section devrait décrire le rendement sur le plan structural du colis lorsque celui-ci est soumis aux épreuves précisées dans le 10 CFR 71.73, *Hypothetical Accident Conditions*, ou aux essais décrits aux paragraphes 726 à 729 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1.

L'évaluation structurale devrait tenir compte des conditions d'accident de transport dans la séquence indiquée, afin de déterminer l'effet cumulatif sur le colis. Les dommages causés par chaque épreuve sont cumulatifs, et l'évaluation de la capacité du colis à supporter l'une des épreuves doit tenir compte des dommages résultant des épreuves antérieures. Cette section devrait confirmer que l'efficacité du colis n'a pas été diminuée par suite des conditions normales de transport, tel qu'indiqué à la section 2.6. La rupture fragile devrait également être étudiée. Cette section devrait comprendre les renseignements applicables concernant les épreuves et les analyses, tel qu'indiqué à la section 2.6. De façon générale, la déformation inélastique du dispositif de fermeture de l'enveloppe de confinement (p. ex. boulons, rebords, joints) n'est pas acceptable pour les colis du type B. La déformation d'autres parties de la cuve de confinement peut être acceptable si l'enveloppe de confinement n'est pas compromise. Les déformations des composants de blindage, des composants requis pour le transfert de chaleur et l'isolation, et des composants requis pour la sous-criticité devraient être définies et évaluées aux chapitres 3, *Évaluation thermique*, 4, *Confinement*, 5, *Évaluation du blindage*, et 6, *Évaluation de la criticité*, de la demande.

En ce qui a trait aux conditions initiales des épreuves (à l'exception de l'épreuve d'immersion dans l'eau), la température ambiante et la pression interne devraient être précisées et l'on devrait démontrer qu'elles sont les plus défavorables possibles. Dans le cas des épreuves physiques qui ne sont pas effectuées à la pression la plus défavorable ou

à des températures extrêmes, la demande devrait comprendre une évaluation permettant de démontrer que la pression et la température n'auront pas d'incidence sur la capacité du colis à respecter les autres exigences relatives à sa performance. Par exemple, l'évaluation peut comprendre des renseignements relatifs aux charges combinées, aux propriétés des matériaux, etc.

Le paragraphe 664 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1 exige que les colis du type B soient conçus pour une plage de température ambiante allant de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Les conditions initiales précisées dans le 10 CFR 71.73(b) précisent que la température ambiante précédant et suivant les essais doit se situer entre  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) et  $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $+100\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

La température à considérer comme condition initiale pour les épreuves simulant un accident est différente dans la réglementation américaine et la réglementation canadienne. Le paragraphe 664 du TS-R-1 précise une température de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  et le 10 CFR 71.73(b) précise une température de  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Par conséquent, la température considérée comme condition initiale dans une épreuve de chute (simulation d'accident hypothétique) doit être de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le paragraphe 727 du TS-R-1 précise que les épreuves de chute sous conditions d'accident (chute I, où la hauteur de chute est de 9 mètres; chute II; épreuve de perforation; chute III, épreuve d'écrasement) sont réalisées, s'il y a lieu, dans l'ordre où les dommages causés sont maximums, compte tenu de la demande subséquente de l'épreuve thermique. En outre, aucun colis n'est obligé d'être assujéti à la fois à la chute d'une hauteur de 9 mètres et à l'épreuve d'écrasement. Le 10 CFR 71.73 précise que la séquence des épreuves doit être la suivante : d'abord la chute libre d'une hauteur de 9 mètres, suivie de l'épreuve d'écrasement pour certains colis, suivie de l'épreuve de perforation. Cette section de la demande devrait spécifiquement porter sur les conditions les plus restrictives. Si la chute d'une hauteur de 9 mètres est réalisée dans un premier temps, la demande devrait comprendre une justification à l'effet que cette séquence est celle qui cause le plus de dommage, en tenant compte également de l'épreuve thermique subséquente. S'il y a une preuve que la réalisation de l'épreuve de perforation avant la chute de 9 mètres résulte en des dommages maximums, alors deux épreuves de perforation devraient être réalisées, l'une d'elles avant la chute d'une hauteur de 9 mètres et la seconde après la chute de 9 mètres. Dans le cas des colis qui doivent subir une épreuve d'écrasement, la séquence d'accident doit comprendre une chute.

### 2.7.1 Chute libre

Cette section devrait évaluer le colis soumis à une épreuve de chute libre. Le rendement et l'intégrité structurale du colis devraient être évalués pour les orientations de colis en chute qui causent les dommages les plus importants, y compris le centre de gravité au-dessus d'un coin, l'orientation oblique avec impact secondaire, la chute sur le côté, et la chute sur le dispositif de fermeture. Les orientations où le centre de gravité est directement au-dessus du point d'impact devraient également être examinées.

L'orientation qui cause le plus de dommages à un système ou à un composant n'est pas nécessairement la même que pour d'autres systèmes ou composants. Si une caractéristique comme la composante d'arrimage est une partie structurale du colis, elle devrait être examinée dans le choix des configurations de l'épreuve de chute et des orientations de chute. Pour ces raisons, il est habituellement nécessaire d'examiner plusieurs orientations de chute.

Les points suivants devraient être examinés, s'il y a lieu :

58. Dans le cas des colis comportant un blindage au plomb, le colis devrait être évalué de manière à déterminer les effets de la chute sur l'affaissement du plomb. L'affaissement du plomb devrait être conforme à celui étudié dans l'évaluation du blindage.
59. La conception des boulons de fermeture du couvercle devrait être évaluée afin de déterminer les effets combinés de la force d'impact en chute libre, des pressions internes, des contraintes thermiques, de la force de compression du joint torique et de la pré-charge des boulons.
60. Le flambage des composants du colis devrait être évalué.
61. D'autres composants du colis, comme les couvercles des ouvertures, les plaques du couvercle des ouvertures et les enceintes de blindage devraient être évalués pour déterminer les effets combinés de la force d'impact en chute du colis, de la perforation, des pressions internes et de la contrainte thermique.

#### **2.7.1.1 Chute à plat**

Cette section devrait décrire les effets de l'épreuve de chute à plat du colis.

#### **2.7.1.2 Chute sur un côté**

Cette section devrait décrire les effets de l'épreuve de chute du colis sur l'un de ses côtés.

#### **2.7.1.3 Chute sur un coin**

Cette section devrait décrire les effets de l'épreuve de chute du colis sur un coin.

#### **2.7.1.4 Chute sur une arête**

Cette section devrait décrire les effets de la chute sur une arête, ou devrait fournir des renseignements qui montrent que les chutes à plat, sur un côté et sur un coin sont plus dommageables pour tous les systèmes et composants importants sur le plan de la sûreté.

#### **2.7.1.5 Sommaire des résultats**

Cette section devrait décrire l'état du colis après chaque épreuve de chute, ainsi que les dommages causés pour chaque orientation.

### 2.7.2 Épreuve d'écrasement

S'il y a lieu, cette section devrait décrire les effets de l'épreuve d'écrasement dynamique sur le colis.

La réglementation canadienne exige que l'épreuve d'écrasement (chute III) soit remplacée par la chute d'une hauteur de 9 mètres (chute I) dans certains cas. La réglementation Américaine exige que les deux épreuves soient réalisées (chute d'une hauteur de 9 mètres suivie de l'épreuve d'écrasement) pour ces colis. Le type de colis qui est soumis à l'épreuve d'écrasement est le même dans les deux réglementations, et est basé sur le poids, la masse volumique et le contenu autorisé du colis. Pour les colis qui exigent l'épreuve d'écrasement, la simulation d'accident doit comporter une chute libre d'une hauteur de 9 m, puis l'épreuve d'écrasement.

### 2.7.3 Épreuve de perforation

Cette section devrait décrire les effets de la perforation sur le colis et devrait identifier les orientations pour lesquelles les dommages maximums ont été évalués, en les justifiant. La description devrait tenir compte de tout dommage résultant de la chute libre et de l'écrasement, ainsi que des dommages locaux près du point d'impact de la barre de perforation et l'effet global sur le colis. Les vannes et les raccords de l'enveloppe de confinement devraient être examinés. Les perforations à angle oblique, près d'une vanne de support, à la fermeture du colis, et près d'une ouverture devraient être examinées, s'il y a lieu. Les commentaires généraux fournis aux sections 2.6 et 2.7.1 peuvent également s'appliquer à cette condition d'essai.

Bien qu'il existe des méthodes d'analyse permettant de prévoir la perforation, les formules empiriques dérivées des résultats de l'épreuve de perforation de panneaux laminés sont habituellement utilisées pour la conception des colis. La formule de Nelms, élaborée spécifiquement pour les colis, fournit l'épaisseur minimum requise pour éviter la perforation de la couche superficielle en acier de la paroi d'un château de transport laminé en acier-plomb-acier de type courant.

### 2.7.4 Épreuve thermique

L'épreuve thermique devrait suivre les épreuves de chute libre et de perforation, et devrait être examinée au chapitre 3, *Évaluation thermique*. Cette section devrait évaluer la conception structurale pour déterminer les effets d'un feu enveloppant, tel que précisé dans le 10 CFR 71.73(c)(4) ou au paragraphe 728 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1. Tout dommage résultant des épreuves de chute libre, d'écrasement et de perforation devrait être intégré aux conditions initiales du colis pour l'épreuve thermique. Les températures associées au feu et à toute augmentation de l'inventaire des gaz causée par la combustion ou à la décomposition devraient être examinées au moment de déterminer la pression maximale à l'intérieur du colis durant ou après l'épreuve. Les contraintes thermiques maximales qui peuvent se produire durant l'essai ou après devraient être examinées.

#### **2.7.4.1 Sommaire des pressions et des températures**

Cette section devrait résumer toutes les températures et les pressions, telles que déterminées au chapitre 3, *Évaluation thermique*, de la demande.

#### **2.7.4.2 Dilatation thermique différentielle**

Cette section devrait inclure les calculs des déformations et des contraintes circonférentielles et axiales (s'il y a lieu) qui résultent de la dilatation thermique différentielle. Les conditions maximales, les conditions de l'état d'équilibre après l'épreuve thermique et toutes les conditions transitoires devraient être examinées.

#### **2.7.4.3 Calculs des contraintes**

Cette section devrait comprendre les calculs des contraintes causées par les gradients thermiques, la dilatation différentielle, la pression et d'autres charges mécaniques. Des illustrations montrant la configuration et les dimensions des composantes des systèmes à l'étude, ainsi que des emplacements des points auxquels les contraintes sont calculées devraient être incluses.

#### **2.7.4.4 Comparaison avec les contraintes admissibles**

Cette section devrait présenter les combinaisons de contraintes appropriées et comparer les contraintes résultantes avec les critères de conception de la section 2.1.2 de la demande. Cette section devrait montrer que toutes les exigences relatives à la performance précisées dans la réglementation sont respectées.

### **2.7.5 Immersion — Matière fissile**

Si le contenu du colis comprend des matières fissiles assujetties aux exigences du 10 CFR 71.55, *General Requirements for Fissile Material Packages*, ou du paragraphe 671 du TS-R-1 tel qu'incorporé au paragraphe 7(1)a) du RETSN par référence au paragraphe 813 du TS-R-1 (à moins qu'il ne soit excepté par le paragraphe 671) et si les infiltrations d'eau n'ont pas été prises en compte dans l'analyse de la criticité, cette section devrait évaluer les effets et les conséquences de l'épreuve d'immersion dans l'eau du 10 CFR 71.73(c)(5), ou des paragraphes 731 à 733 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. L'épreuve devrait comprendre l'immersion d'un spécimen endommagé dans l'eau sous une hauteur d'au moins 0,9 m (3 pi) dans l'orientation pour laquelle l'infiltration d'eau est maximale.

### **2.7.6 Immersion — Tous les colis**

Cette section devrait évaluer, tel que requis par le 10 CFR 71.73(c)(6) ou le paragraphe 729 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1, un colis non endommagé soumis à une pression d'eau équivalente à l'immersion sous une hauteur d'eau d'au moins 15 m (50 pi). Le paragraphe 729 du

TS-R-1 précise que la durée de l'épreuve doit être d'au moins 8 heures, alors que le 10 CFR 71.73(c)(6) ne précise pas de durée d'essai. À des fins d'essai, une pression manométrique extérieure de 150 kPa (21,7 lb/po<sup>2</sup>) est utilisée pour respecter ces conditions.

L'épreuve d'immersion devrait être évaluée pour une période d'au moins 8 heures, tel que précisé au paragraphe 729 du TS-R-1.

### 2.7.7 Épreuve d'immersion en eau profonde (pour les colis du type B contenant plus de 10<sup>5</sup> A<sub>2</sub>)

S'il y a lieu, cette section devrait évaluer le colis soumis à une pression d'eau externe de 2 MPa (290 lb/po<sup>2</sup>) pendant une période d'au moins une heure, tel que précisé dans le 10 CFR 71.61, *Special Requirements for Type B Packages Containing more than 10<sup>5</sup> A<sub>2</sub>*, ou au paragraphe 670 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 667 du TS-R-1 et au paragraphe 730 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1. La réglementation de la NRC, soit le 10 CFR 71.61, précise que les colis du type B qui contiennent plus de 10<sup>5</sup> A<sub>2</sub> doivent être conçus de manière à ce que l'enveloppe de confinement non endommagée puisse résister à une pression d'eau externe de 2 MPa (290 lb/po<sup>2</sup>) pendant une période d'au moins une heure sans qu'il y ait effondrement, flambage ou infiltration d'eau.

Le paragraphe 730 du TS-R-1 précise ce qui suit : « Épreuve poussée d'immersion dans l'eau : le spécimen doit être immergé sous une hauteur d'eau de 200 m au minimum pendant au moins une heure. Aux fins du calcul, on considérera comme satisfaisante une pression manométrique extérieure d'au moins 2 MPa. »

Les deux règlements diffèrent principalement en ce qui a trait à l'application de la pression externe (le TS-R-1 parle de l'« immersion du spécimen » et le 10 CFR 71.61 parle de l'« enveloppe de confinement non endommagée ») et, dans la norme d'acceptation, on trouve encore une autre différence (la réglementation de l'AIEA précise : qu'il n'y ait pas de rupture » et le 10 CFR 71.61 exige qu'il n'y ait pas d'effondrement, de flambage ou d'infiltration d'eau). Les exigences de la NRC sont plus restrictives, étant donné que l'application de la pression se fait sur l'enveloppe de confinement et que les normes d'acceptation sont plus restrictives (l'infiltration d'eau est acceptable dans le règlement TS-R-1, mais pas dans le 10 CFR 71.61). Par conséquent, cette section devrait montrer que le colis respecte la norme du 10 CFR 71.61.

### **2.7.8 Résumé des dommages**

Cette section devrait résumer l'état du colis après la séquence de l'épreuve d'accident. La description devrait préciser dans quelle mesure les systèmes et les composants de sûreté ont été endommagés, et mettre en relation l'état du colis et les normes d'acceptation.

## **2.8 Conditions d'accident hypothétique de transport par voie aérienne des colis contenant du plutonium ou de grandes quantités de radioactivité**

Cette section devrait montrer que le contenu du colis, lorsqu'il est transporté par voie aérienne, sera limité afin de respecter la réglementation de la NRC et de la CCSN. Cette section devrait porter spécifiquement sur les limites suivantes :

62. Les colis contenant des matières radioactives sous forme spéciale en quantité dépassant 3 000  $A_1$  ou 100 000  $A_2$  ne peuvent pas être transportés par voie aérienne;
63. Les colis qui contiennent des matières radioactives sous forme normale en quantité dépassant 3 000  $A_2$  ne peuvent pas être transportés par voie aérienne;
64. Les colis qui contiennent du plutonium en quantité dépassant  $A_2$  (sauf dans le cas des matières à très faible concentration) ne peuvent pas être transportés par voie aérienne.

## **2.9 Conditions d'accident hypothétique pour les colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne**

S'il y a lieu, cette section devrait porter sur les conditions d'accident précisées dans le 10 CFR 71.55(f) ou au paragraphe 680 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1.

## **2.10 Matières sous forme spéciale**

Dans le cas des colis conçus pour transporter des matières radioactives seulement sous forme spéciale, cette section devrait préciser que le contenu respecte les exigences du 10 CFR 71.75, *Qualification of Special Form Radioactive Material*, ou du paragraphe 603 qui est référencé à la section 1(1) du RETSN lorsqu'il est assujéti aux conditions d'essai applicables du 10 CFR 71.75 ou des paragraphes 704 à 711 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence aux paragraphes 602 à 604 du TS-R-1. La forme chimique et physique devrait être précisée. En outre, cette section devrait comprendre un dessin détaillé de l'encapsulation, précisant ses dimensions, les matériaux utilisés, le mode de construction et le mode d'essai non destructif.

Pour l'approbation au Canada, la demande devrait comprendre également un exemplaire du certificat d'homologation de matière sous forme spéciale et les dessins pour chaque capsule autorisée dans le colis. Les dispositions relatives à la tolérance concernant des capsules semblables qui satisfont aux exigences des matières radioactives sous forme spéciale peuvent être accordées, en autant que la demande comprenne une démonstration adéquate à l'effet que ces dispositions seront limitées par l'analyse fournie.

## 2.11 Barres de combustible

L'intégrité structurale des barres de combustible et de la gaine devrait être examinée pour les colis contenant du combustible nucléaire neuf ou irradié. Lorsque les composants et la gaine du combustible sont considérés comme assurant le confinement de la matière radioactive, l'isolement ou le contrôle de la géométrie des matières fissiles dans des conditions d'épreuve normales ou des conditions d'épreuve d'accident, cette section devrait fournir une analyse ou les résultats des épreuves montrant que les composants conserveront une intégrité mécanique suffisante pour assurer le degré de confinement ou d'isolement prévu.

Dans le cas du CNI, on devrait préciser si le combustible transporté sera du combustible endommagé ou du combustible à taux de combustion nucléaire élevé. Le combustible à taux de combustion nucléaire élevé destiné aux réacteurs à eau ordinaire est défini comme étant un combustible dont le taux de combustion nucléaire est supérieur à 45 GWj/MTU. Le combustible endommagé devrait être défini et évalué en ce qui a trait au confinement, au blindage et à la criticité. La référence 2 fournit un guide en ce qui a trait à la définition du combustible endommagé. Les dommages peuvent comprendre des défauts connus ou présumés à la gaine plus importants que les infiltrations par des criques, ou par des piqûres, ou encore les dommages aux composants structuraux d'un assemblage de combustible, comme les grilles d'espacement. Toute disposition spéciale relative au transport du combustible endommagé, par exemple la mise en conteneur, devrait être examinée.

## 2.12 Annexe

L'annexe devrait comprendre une liste des références, y compris le chapitre, la section ou les numéros de page, s'il y a lieu, les pages applicables dans les documents mentionnés en référence s'ils ne sont pas généralement disponibles, des descriptions des programmes informatiques, les fichiers d'entrée et de sortie, les résultats d'essai, les rapports d'essai, les descriptions des installations et des instruments d'essai, les photographies et d'autres renseignements additionnels appropriés. Cette annexe devrait également comprendre les spécifications des matériaux et de fabrication pour les articles qui sont importants sur le plan de la sûreté, mais qui ne sont pas produits selon des normes généralement reconnues.

### 3.0 ÉVALUATION THERMIQUE

Cette section de la demande devrait identifier, décrire, examiner et analyser la conception technique thermique principale du colis, des composants et des systèmes qui sont importants sur le plan de la sûreté, et décrire comment le colis se conforme aux exigences de rendement du 10 CFR 71.33(b)(5), 71.33(b)(7), 71.43(d), 71.43(g), 71.55(f)(1)(iv), 71.71(c)(1) et (2) et 71.73(c)(4), ou des paragraphes 642, 651, 652, 653, 654, 655, 660, 661, 662 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1, et des paragraphes 728 et 736 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1.

Cette section devrait porter sur le rendement thermique du colis dans des conditions normales et des conditions d'accident hypothétique lors du transport, en précisant les températures maximales admissibles et les effets sur le confinement, la structure, le blindage et la sûreté-criticité. Toute exigence opérationnelle, de fabrication et d'entretien en ce qui a trait à l'évaluation thermique importante pour la sûreté du colis devrait être incluse dans le chapitre 7, *Mode d'emploi de l'emballage*, et dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*.

#### 3.1 Description de la conception thermique

Cette section devrait comprendre une description des caractéristiques de conception thermique importantes et des caractéristiques d'emploi du colis et examiner le fonctionnement de tous les sous-systèmes. Les critères thermiques qui seront directement applicables aux résultats des épreuves thermiques (p. ex. température maximale du combustible, température du blindage inférieure au point de fusion) devraient être précisés. Les propriétés évaluées ici et utilisées pour appuyer d'autres évaluations (p. ex. pression, température, distribution relative à la contrainte thermique) devraient également être précisées. Les résultats importants concernant l'analyse thermique ou les épreuves thermiques et l'incidence de ces résultats sur le rendement thermique globale du colis devraient être résumés. Les charges thermiques de désintégration minimales et maximales présumées dans l'évaluation thermique devraient être précisées. La charge thermique de désintégration maximale présumée devrait comprendre l'énergie associée à tous les termes sources contenus dans le colis, y compris celles qui pourraient être négligées dans les analyses du blindage et du confinement.

##### 3.1.1 Caractéristiques de conception

Cette section devrait décrire les caractéristiques de conception du colis qui sont importantes pour le rendement thermique. La conception du colis ne doit pas reposer sur des systèmes de refroidissement mécanique pour satisfaire aux exigences relatives au confinement précisées au chapitre 4, *Confinement*.

Les caractéristiques de conception du colis importantes pour l'évaluation thermique comprennent notamment :

65. la géométrie du colis et les matériaux de construction;

66. les caractéristiques structurales et mécaniques qui peuvent avoir une incidence sur le transfert de chaleur, comme les ailettes de refroidissement, les matériaux isolants, les conditions de surface de composants du colis et l'espace entre les composants internes ou les contacts physiques entre ces composants;
67. la nature et le volume des fluides de refroidissement, s'il y a lieu.

### **3.1.2 Chaleur de désintégration du contenu**

La chaleur de désintégration maximale et la radioactivité du contenu devraient être précisées, conformément aux exigences du 10 CFR 71.33(b)(7) ou du paragraphe 651 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Cette section devrait montrer que la dérivation de la chaleur de désintégration est conforme à la quantité maximale de contenus radioactifs. Dans le cas des colis transportant du combustible nucléaire irradié (CNI), les programmes informatiques examinés au chapitre 5, intitulé *Évaluation du blindage*, pour déterminer les sources de neutrons et de rayons gamma peuvent être utilisés pour calculer les charges thermiques de désintégration du contenu.

### **3.1.3 Tableaux sommaires des températures**

Cette section devrait présenter des tableaux sommaires des températures maximales ou minimales qui ont une incidence sur l'intégrité structurale, le confinement, le blindage et la criticité à la fois dans des conditions de transport normales et dans des conditions d'accident hypothétique. Tous les renseignements présentés dans ce tableau devraient être conformes aux renseignements présentés dans d'autres sections de la demande. Dans le cas des conditions de l'épreuve thermique, les tableaux devraient comprendre les renseignements suivants.

### **3.1.4 Tableaux sommaires des pressions maximales**

Les tableaux sommaires devraient comprendre la pression d'utilisation normale maximale et la pression maximale dans des conditions d'accident hypothétique. Tous les renseignements présentés dans ce tableau devraient être conformes aux renseignements présentés dans d'autres sections de la demande.

## **3.2 Propriétés des matériaux et spécifications des composants**

### **3.2.1 Propriétés des matériaux**

Cette section devrait préciser les propriétés thermiques adéquates pour les matériaux qui ont une incidence sur le transfert de chaleur à la fois à l'intérieur du colis et entre le colis et l'environnement. Les liquides ou les gaz à l'intérieur du colis et les gaz à l'extérieur du colis lors des conditions d'accident hypothétique devraient être inclus. Dans le cas des colis qui utilisent des matériaux anisotropiques, les propriétés directionnelles de ces matériaux devraient être fournies. L'absorption et l'émissivité thermiques devraient être

appropriées aux conditions de surface du colis et à chaque condition thermique. Lorsqu'une propriété est représentée comme une valeur unique, l'évaluation devrait montrer que cette valeur correspond aux limites des propriétés qui dépendent de la température. En outre, cette section devrait comprendre des références aux données fournies.

Les propriétés comprennent :

68. la conductivité thermique;
69. la chaleur massique;
70. la masse volumique;
71. l'émissivité du matériau constituant les surfaces du colis (rayonnement thermique);
72. le coefficient de dilatation thermique;
73. le module d'élasticité.

### **3.2.2 Spécifications des composants**

Cette section devrait comprendre les spécifications techniques des composants qui sont importants pour rendement thermique du colis, tel qu'illustré par les exemples suivants :

74. dans le cas des vannes ou des joints, la plage des pressions d'utilisation et les limites de température;
75. les propriétés de l'isolant et des revêtements fabriqués, y compris un résumé des données d'essai qui appuie les spécifications de rendement;
76. les températures ou pressions de service maximales admissibles pour chaque composant de colis, y compris les vannes de décompression et les fusibles;
77. la température de service minimale admissible de tous les composants, qui devrait être inférieure ou égale à -40 °C (-40 °F).

## **3.3 Observations d'ordre général**

L'évaluation thermique du colis peut être réalisée soit par une analyse ou une épreuve, ou une combinaison des deux.

### **3.3.1 Évaluation par analyse**

Dans le cas des analyses informatiques, la méthode employée devrait être référencée adéquatement ou développée et le programme informatique devrait être bien reconnu pour les analyses thermiques, et il devrait être applicable à l'évaluation et décrit de manière suffisamment détaillée pour permettre un examen et une vérification indépendante. Les hypothèses utilisées dans la modélisation des sources de chaleur et des voies de transfert thermique devraient être clairement énoncées et justifiées.

L'analyse thermique devrait supposer que le milieu de transfert de chaleur est l'air, et les effets de l'air sur le contenu et les composants du colis (p. ex. oxydation du blindage d'uranium appauvri) devraient être examinés. Dans le cas des colis qui utilisent d'autres gaz de remplissage (p. ex. argon, hélium, etc.), l'analyse devrait supposer la présence d'air et peut également comprendre une analyse portant sur le gaz de remplissage réel afin de montrer les incidences sur la performance thermique du colis.

L'analyse devrait comprendre :

78. les propriétés thermiques des matériaux constituant le colis;
79. les calculs relatifs au transfert de la chaleur par conduction, par convection et par rayonnement entre les composants du colis, et entre les surfaces du colis et l'environnement;
80. une description des changements dans la géométrie du colis et dans les propriétés des matériaux résultant des épreuves structurales et thermiques dans des conditions normales et hypothétiques de transport;
81. la chaleur produite par la combustion des composants du colis, s'il y a lieu;
82. une description des conditions limites de température et de chaleur pour des conditions de transport normales et des conditions de transport hypothétiques;
83. une démonstration à l'effet que l'intervalle de temps utilisé pour l'évaluation de la température suite à l'épreuve thermique est adéquat pour assurer que les composants atteignent leur température maximale et que les températures de l'état d'équilibre ont été atteintes.

Dans le cas de l'épreuve thermique de 30 minutes, la majeure partie de l'entrée de chaleur dans le colis se fait par rayonnement. Dans le cas du transfert de chaleur par convection, un coefficient de transfert de chaleur par convection approprié aux conditions qui prévalent lorsque le colis a été exposé au feu devrait être utilisé. Les vitesses de propagation du feu dans un feu en nappe peuvent être utilisées pour déterminer le coefficient de transfert de chaleur par convection approprié. Toute corrélation utilisée dans l'analyse devrait être adéquatement expliquée et justifiée. Dans le cas du refroidissement après l'épreuve thermique, la convection naturelle devrait être supposée.

Toute hypothèse relative à la résistance de contact à l'interface des matériaux, ou au transfert d'énergie entre les espaces, les enceintes, etc. devrait être fournie et justifiée.

Dans le cas des colis qui servent au transport du CNI, une analyse devrait être faite dans le but d'évaluer les incidences possibles du gaz de fission sur les limites de température des composants du château de transport et sur la pressurisation interne du château, si l'une des conditions suivantes s'applique :

84. les températures des composants du château de transport se situent à l'intérieur de 5 % des valeurs limites pour les conditions d'accident;
85. la pression d'utilisation normale maximale se situe à l'intérieur de 10 % de la pression nominale;

86. toute autre condition spéciale.

### 3.3.2 Évaluation par épreuve

L'évaluation devrait comprendre une description détaillée de la conception du colis à l'essai et de l'installation d'essai. Cette description devrait démontrer que le colis d'essai a été fabriqué en suivant un programme d'assurance de la qualité adéquat. En outre, l'évaluation devrait comprendre une description de la manière dont l'installation d'essai fonctionne et des détails sur la manière dont les résultats ont été évalués.

La demande devrait comprendre :

87. Une démonstration à l'effet que l'installation d'essai (installation de feu en nappe ou de four) et que la procédure d'essai respectent la plage de conditions thermiques comme les flux thermiques du feu ou la température;
88. Une description de la performance du colis d'essai, y compris le contenu simulé et tout instrument ou montage utilisé pour l'essai;
89. Une démonstration à l'effet que les instruments sensibles à la température ont été placés de manière stratégique pour mesurer la température maximale des composants du colis, et qu'ils permettent de caractériser adéquatement les voies de transfert de chaleur;
90. Une démonstration à l'effet que les instruments de mesure du colis (comme les instruments de mesure de la température ou de la pression) ont été installés à des endroits stratégiques qui réduisent au minimum leurs effets sur les températures locales du colis d'essai.

Certaines conditions, comme la température ambiante, la chaleur de désintégration du contenu, ou l'émissivité ou l'absorptivité du matériau constituant le colis, peuvent ne pas être représentées de manière exacte dans une épreuve thermique. L'évaluation thermique devrait comprendre des corrections ou des évaluations appropriées, afin de tenir compte de ces différences. Par exemple, l'évaluation thermique devrait comprendre une correction de la température si la température ambiante au début de l'épreuve thermique était inférieure à 38 °C.

### 3.4 Évaluation thermique dans des conditions normales de transport

Cette section devrait décrire l'évaluation thermique des systèmes et des sous-systèmes dans des conditions normales de transport. Les plages de température limitées par les températures ambiantes minimales et maximales et les charges thermiques de désintégration minimales et maximales devraient être étudiées. Les résultats devraient être comparés aux limites admissibles de température et de pression pour les composants du colis. Les renseignements devraient être présentés dans des tableaux sommaires, accompagnés d'énoncés et de commentaires appropriés. Les renseignements qui seront utilisés dans d'autres sections de l'examen devraient être identifiés. Les marges de sûreté relatives à la température, à la pression et aux contraintes thermiques du colis, y compris les effets des incertitudes sur les propriétés thermiques, les conditions d'essai et de

diagnostic et les méthodes d'analyse devraient être traitées. L'analyse ou les résultats d'essai devraient être présentés de manière fiable et reproductible.

À cet effet, les renseignements généraux suivants devraient être examinés et inclus dans la demande, selon le cas :

91. Les hypothèses qui sont utilisées dans l'analyse devraient être clairement décrites et justifiées;
92. Les modèles et les renseignements détaillés sur la modélisation devraient être clairement décrits;
93. Dans le cas de l'évaluation thermique par des épreuves, on devrait préciser la méthode d'essai, les procédures, l'équipement et les installations qui ont été utilisés, et ce, de manière détaillée;
94. Si le spécimen mis à l'effet n'est pas identique en tout point au colis décrit dans la demande, les différences devraient être décrites et une justification devrait être donnée à l'effet que ces différences n'ont pas d'incidence sur les résultats de l'essai;
95. Les données de température devraient être indiquées aux garnitures, aux vannes et aux autres limites de confinement, particulièrement en ce qui concerne les matériaux sensibles à la température, ainsi que pour le colis dans son ensemble;
96. Les températures intérieures et extérieures devraient être précisées.

Les dommages causés par les essais et les résultats des mesures qui ont été prises devraient être indiqués en détail, y compris des photographies des essais et des spécimens d'essai.

### **3.4.1 Températures élevées et basses températures**

Cette section devrait démontrer que les épreuves effectuées pour des conditions normales de transport ne donnent pas lieu à une réduction importante de l'efficacité du colis. Les points suivants devraient être examinés :

97. la détérioration de la capacité de transfert de chaleur du colis (comme la création de nouveaux espaces entre les composants);
98. les changements dans les conditions ou les propriétés des matériaux (p. ex. dilatation, contraction, production de gaz et contraintes thermiques) qui ont une incidence sur le rendement structural;
99. les changements dans le colis qui ont une incidence sur le confinement, le blindage ou la criticité (comme la décomposition thermique ou la fusion des matériaux);
100. la capacité du colis à supporter les épreuves dans des conditions d'accident hypothétique.

La température et la pression des composants devraient être comparées à leurs valeurs admissibles. Cette section devrait montrer explicitement que la température maximale de la surface du colis accessible est inférieure à 50 °C (122 °F) dans le cas des colis

transportés sous utilisation non exclusive, ou à 85 °C (185 °F) dans le cas des colis transportés sous utilisation exclusive, conformément aux exigences précisées dans le 10 CFR 71.43(g) ou aux paragraphes 652 et 662 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

### **3.4.2 Températures générant des contraintes thermiques maximales**

L'évaluation des contraintes thermiques dans les interfaces assujetties à des contraintes parmi les composants du colis résultant en des gradients de température et des dilatations thermiques différentielles devrait être traitée aux sections 2.6.1.2 et 2.6.1.3.

### **3.4.3 Pression d'utilisation normale maximale**

Cette section devrait préciser la pression d'utilisation normale maximale conforme aux autres sections du rapport d'analyse de sûreté et devrait montrer comment elle a été calculée, en supposant que le colis a été soumis à la condition thermique pendant un an, tel que précisé dans le 10 CFR 71.4 et dans le 10 CFR 71.33(b)(5), ou au paragraphe 660 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Le calcul devrait tenir compte des sources de gaz possibles, y compris les sources suivantes :

101. les gaz initialement présents dans le colis;
102. la vapeur saturée, y compris la vapeur d'eau associée au contenu ou à l'emballage;
103. l'hélium issu de la désintégration radioactive du contenu;
104. l'hydrogène ou d'autres gaz résultant de la décomposition induite par la chaleur ou le rayonnement des matériaux, comme l'eau ou le plastique;
105. la défaillance des barres de combustible.

Dans le cas des colis transportant du CNI, le tableau 4.1 fournit une orientation sur les rejets de gaz de remplissage et de gaz de produit de fission pour le combustible de réacteur à eau sous pression et de réacteur à eau bouillante.

Cette section devrait également porter sur l'exigence du 10 CFR 71.4 ou du paragraphe 661 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1 en ce qui a trait au colis du type B(U), c'est-à-dire que la pression d'utilisation normale maximale ne doit pas dépasser 700 kPa (pression manométrique).

En outre, cette section devrait démontrer que l'hydrogène et que les autres gaz inflammables comprennent moins de 5 % par volume de l'inventaire de gaz total à l'intérieur de tout volume confiné et qu'ils ne doivent pas donner lieu à un mélange inflammable à l'intérieur d'un volume confiné du colis, tel que précisé dans le 10 CFR 71.43(d) ou au paragraphe 642 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

### 3.5 Évaluation thermique dans des conditions d'accident

Cette section devrait décrire l'évaluation thermique du colis dans des conditions d'accident hypothétique. Les conditions d'accident hypothétique définies dans le 10 CFR 71.73 ou aux paragraphes 726 à 729 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1 devraient être appliquées de manière séquentielle afin de respecter le 10 CFR 71.73 ou devraient respecter la séquence causant le plus de dommage afin de respecter le TS-R-1. Voir la section 2.7. Dans le cas de l'évaluation thermique des conditions d'accident les commentaires généraux de la section 3.3 devraient être examinés et on devrait en tenir compte, suivant le cas.

#### 3.5.1 Conditions initiales

L'évaluation thermique devrait tenir compte des effets des épreuves de chute, des épreuves d'écrasement (s'il y a lieu) et des épreuves de perforation sur le colis. Cette section devrait identifier les conditions initiales et justifier le fait qu'elles sont les plus défavorables, notamment :

1. une température ambiante entre -40 °C (-40 °F) et +38 °C (100 °F) sans insolation. Cette plage est précisée dans la réglementation canadienne et celle de l'AIEA. La réglementation Américaine précise une température ambiante minimale de -29 °C (-20 °F) comme condition initiale. Par conséquent, une plage de température ambiante comprise entre -40 °C (-40 °F) et +38 °C (100 °F) devrait être étudiée dans la demande
2. une pression interne dans le colis égale à la pression d'utilisation normale maximale, à moins d'avoir une pression interne plus basse, compatible avec la température ambiante, est moins favorable;
3. le contenu à la chaleur de désintégration maximale, à moins d'avoir qu'avoir une chaleur moins élevée, compatible avec la température et la pression, soit moins favorable.

#### 3.5.2 Conditions de l'épreuve thermique

Cette section devrait comprendre une description détaillée de l'analyse ou des épreuves servant à évaluer le colis dans des conditions thermiques. L'évaluation devrait respecter les exigences précisées dans le 10 CFR 71.73(c)(4) ou au paragraphe 728 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1.

Le colis devrait être assujéti aux pleines conditions d'insolation et on devrait s'assurer que l'évaluation est continue jusqu'après le feu, que la condition d'état d'équilibre est atteinte et qu'il n'y a pas de refroidissement artificiel appliqué au colis. En outre, la combustion devrait être complète et on devrait la laisser se terminer naturellement.

Lorsqu'une épreuve thermique est réalisée dans le but d'évaluer le rendement du colis, la description de l'épreuve devrait comprendre :

4. les dimensions du feu;
5. l'orientation du colis et les méthodes de support;
6. la température et la durée de l'essai;
7. la source de chaleur;
8. la température ambiante initiale;
9. la période suivant l'épreuve thermique;
10. la disponibilité de la source d'oxygène.

Dans le cas d'un feu en nappe, la largeur du feu devrait s'étendre horizontalement entre 1 et 4 mètres au-delà de toute surface externe du colis. En outre, le colis devrait être positionné à 1 mètre au-dessus de la surface de la source de combustible

L'analyse devrait comprendre le rendement thermique du colis d'essai, y compris le contenu de colis simulé et tous les instruments et les dispositifs de montage annexés pour l'essai, y compris l'emplacement des instruments de détection de la température employés pour mesurer la température maximale des composants du colis et caractériser les voies de transfert de chaleur importantes. Les instruments devraient être installés à des endroits qui réduisent au minimum leurs effets sur les températures locales du colis d'essai. On devrait s'assurer que toute perturbation possible causée par la présence de ces capteurs est examinée.

Tout changement physique dans l'état du colis résultant de l'épreuve thermique, comme le changement des propriétés des matériaux, la combustion ou la fusion des composants du colis et l'augmentation de la température et de la pression interne pendant l'épreuve thermique et après devraient être évalués et justifiés adéquatement.

### **3.5.3 Températures et pression maximales**

Cette section devrait présenter les températures maximales des composants du colis en fonction du temps, à la fois pendant et après le feu, ainsi que les températures maximales d'état d'équilibre après le feu. Cette section devrait comprendre les températures aux emplacements du colis qui sont importants sur le plan de l'analyse et de l'examen de la sûreté. Plus particulièrement, les températures pour le contenu, les garnitures, les vannes et le blindage devraient être indiquées. Ces températures ne devraient pas dépasser leurs valeurs maximales admissibles; la fusion du blindage de plomb est inadmissible. Les calculs des températures devraient retracer l'historique température-temps jusqu'au moment où les températures maximales sont atteintes et commencent à diminuer, ainsi qu'après ce moment.

L'évaluation de la pression maximale dans le colis devrait être basée sur la pression d'utilisation normale maximale, et devrait tenir compte des augmentations de température

du colis dues au feu, de la combustion thermique ou des processus de décomposition, de la défaillance des barres de combustible, des changements de phase, etc.

Cette section devrait contenir une description générale du rendement du colis, et devrait comparer les résultats de l'épreuve thermique avec les limites admissibles de température, de pression, etc. pour les composants du colis. Les dommages causés au colis soit par l'interprétation de l'analyse ou à partir des observations effectuées pendant l'épreuve devraient être examinés ou décrits. L'évaluation devrait comprendre les dommages possibles à la structure, les brèches dans le confinement, et les pertes de blindage.

#### **3.5.4 Températures donnant lieu aux contraintes thermiques maximales**

Cette section devrait présenter les résultats des analyses thermiques utilisés dans l'évaluation structurale en vue de calculer les conditions de contrainte thermique les plus graves qui résultent de l'épreuve thermique et du refroidissement subséquent. Les températures correspondant aux contraintes thermiques maximales devraient être indiquées.

#### **3.5.5 Températures du combustible et de la gaine dans le cas du combustible nucléaire irradié**

Dans le cas des colis contenant du combustible nucléaire irradié (CNI), la température maximale admissible du combustible/de la gaine devrait être identifiée et justifiée. La justification devrait tenir compte des matériaux constituant le combustible et la gaine, des conditions d'irradiation (p. ex. la dose absorbée, le spectre des neutrons et le taux de combustion) et le milieu d'expédition, y compris le gaz de remplissage. De façon générale, la température de la gaine du combustible irradié provenant de réacteurs à eau ordinaire commerciaux devrait être maintenue en-dessous de 400 °C, dans des conditions normales de transport, et en-dessous de 570 °C dans des conditions d'accident. D'autres considérations importantes comprennent la réorientation des hydrures sur les propriétés mécaniques, le temps qui s'est écoulé depuis le moment où le CNI a été retiré du cœur jusqu'à sa mise en place dans le colis de transport, le temps passé dans le colis et le temps de dépôt après le transport. Voici des exemples de limites de température :

1. la limite de température pour le combustible métal devrait être inférieure à la température eutectique de fusion la plus basse du combustible;
2. la limite de température de la gaine irradiée dans un milieu de gaz inerte, selon le cas.

#### **3.5.6 Conditions d'accident des colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne**

S'il y a lieu, la demande devrait examiner l'épreuve thermique détaillée précisée dans le 10 CFR 71.55(f)(1)(iv) ou au paragraphe 736 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1.

### 3.6 Annexe

L'annexe devrait comprendre une liste des références, les pages applicables des documents mentionnés en référence, une justification des hypothèses ou des procédures d'analyse, les résultats des essais, des photographies, des descriptions des programmes informatiques et des exemples de fichiers d'entrée et de sortie, les spécifications des joints toriques et des autres composants, des données d'essai détaillées sur les matériaux et d'autres renseignements additionnels.

Si le colis a été soumis à une épreuve thermique, l'annexe devrait comprendre une description de l'installation d'essai, en ce qui a trait aux éléments suivants :

11. le type d'installation (four, feu en nappe, etc.);
12. la méthode de chauffage du colis (brûleurs à gaz, radiateurs électriques, etc.);
13. le volume et l'émissivité de l'intérieur du four;
14. la méthode de simulation de la chaleur de désintégration, s'il y a lieu;
15. le type, l'emplacement et les incertitudes relatives aux mesures de tous les capteurs utilisés pour mesurer les flux thermiques du feu ayant une incidence sur les composants critiques, comme les joints, les vannes, la pression, les composants structuraux, et la température du feu;
16. le milieu après l'épreuve thermique, pendant une période adéquate pour atteindre l'état d'équilibre après l'épreuve;
17. les méthodes d'entretien et de mesure de la source adéquate d'approvisionnement et de circulation de l'oxygène pour le début et la fin naturelle de la combustion de tout composant de colis consommable pendant et après le feu.

L'annexe devrait également comprendre une description complète des essais réalisés. Cette description devrait comprendre :

18. la procédure d'essai;
19. la description du colis;
20. les conditions initiales et les conditions limites de l'essai;
21. la chronologie des essais (prévue et réelle);
22. les photographies des composants du colis, y compris tout dommage structural ou thermique, avant et après les essais;
23. les mesures des essais, y compris, à tout le moins, la documentation sur les changements physiques du colis d'essai ainsi que les antécédents relatifs à la température et au flux thermique;
24. les résultats d'essai corrigés;
25. la méthode employée pour obtenir les résultats corrigés.

## 4.0 CONFINEMENT

Cette section de la demande devrait identifier l'enveloppe de confinement du colis, et décrire comment le colis se conforme aux exigences relatives au confinement contenues dans le 10 CFR 71.43(f) et 71.51, ou aux paragraphes 646, 656, 658 et 659 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

La section devrait traiter des effets sur la structure et des effets thermiques sur le colis et son contenu dans des conditions normales et des conditions d'accident hypothétique de transport et leurs effets sur l'enveloppe de confinement du colis. Toute exigence opérationnelle, de fabrication et d'entretien en ce qui a trait au confinement du colis devrait être incluse dans le chapitre 7, *Mode d'emploi de l'emballage*, et dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*, de la demande.

### 4.1 Description de l'enveloppe de confinement

Cette section devrait définir et décrire l'enveloppe de confinement. Les limites de confinement du colis devraient être identifiées explicitement, y compris la cuve de confinement, les soudures, les orifices de drainage ou de remplissage, les vannes, les joints, les ouvertures d'essai, les dispositifs de décompression, les couvercles, les plaques de couverture et d'autres dispositifs de fermeture. Si des joints multiples sont utilisés pour une fermeture unique, cette section devrait identifier le joint défini comme étant le joint principal de l'enveloppe de confinement. Des dessins détaillés de l'enveloppe de confinement devraient être inclus.

Les caractéristiques de conception du colis importantes sur le plan du confinement comprennent :

26. les matériaux de construction de l'enveloppe de confinement;
27. les soudures;
28. les codes et les normes applicables (p. ex. spécifications du code ASME pour la cuve);
29. le couple de serrage des boulons pour maintenir une fermeture positive;
30. les températures maximales et minimales admissibles des composants, y compris les joints;
31. les températures maximales et minimales des composants soumis aux épreuves des conditions normales et des conditions d'accident hypothétique de transport.

Toutes les ouvertures comprises dans les limites du confinement et leur méthode de fermeture devraient être décrites adéquatement. Les spécifications relatives au rendement des composants comme les vannes, les joints toriques et les dispositifs de décompression devraient être identifiées et documentées; aucun dispositif ne peut faire l'objet d'une aération continue.

L'évaluation du confinement devrait montrer que la conformité avec les exigences relatives au confinement ne repose pas sur aucun filtre ou système de refroidissement mécanique, tel que précisé dans le 10 CFR 71.51(c) ou au paragraphe 659 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

Si la conception comprend des vannes ou des dispositifs semblables, la demande devrait démontrer que ceux-ci sont protégés contre un fonctionnement non autorisé et, sauf dans le cas des vannes de décompression, ces dispositifs comportent une enceinte destinée à empêcher les fuites.

On devrait démontrer qu'il n'y a aucune réaction galvanique, chimique ou autre entre le joint et le colis et son contenu, et que les joints ne se détériorent pas en raison de l'irradiation. Si des ouvertures sont fermées à l'aide de deux joints, il faut préciser lequel de ces joints est défini comme étant la limite de confinement.

On devrait fournir les spécifications relatives aux rainures des joints et au type et à la taille des joints. La température des joints de la limite de confinement devrait demeurer à l'intérieur des limites admissibles spécifiées à la fois dans les conditions de transport normales et les conditions d'accident hypothétique.

On devrait démontrer comment l'enveloppe de confinement est fermée de manière sûre à l'aide d'un dispositif de fixation qui ne peut pas être ouvert par erreur ou par la pression qui pourrait provenir du colis et l'on devrait fournir une description des caractéristiques permettant d'assurer qu'il n'y a pas d'aération continue.

Les épreuves relatives au modèle d'échelle ne sont pas fiables ou acceptables pour qualifier le taux de fuite d'un colis pleine échelle. Si la conformité est démontrée par une analyse, l'évaluation structurale devrait montrer que la limite de confinement, la zone du joint et les boulons de fermeture ne subissent pas de déformation inélastique et que les matériaux composant l'enveloppe de confinement (p. ex. les joints) ne dépassent pas leurs limites de température maximales admissibles.

Dans le cas des colis transportant du combustible nucléaire irradié (CNI), les matériaux utilisés pour l'enveloppe de confinement et la conception, la fabrication, l'examen, les épreuves, l'inspection et la certification devraient être conformes à la section III, division 3 de l'*ASME Boiler and Pressure Vessel Code* [6]. Cela comprend une entente avec une agence d'inspection autorisée pour l'inspection et les services de vérification relatifs aux permis de concepteurs, propriétaires des colis et des titulaires de permis de classe W. La justification relative à l'utilisation d'autres codes devrait être fournie dans la demande. En outre, les codes, normes et critères relatifs à l'enveloppe de confinement intérieure devraient généralement être les mêmes que ceux qui se rapportent à l'enveloppe de confinement extérieure. On devrait fournir une justification si elles sont différentes.

#### 4.1.1 Exigences spéciales relatives au combustible nucléaire irradié endommagé

La détermination de l'état du combustible devrait être basée, au minimum, sur un examen des antécédents du combustible. Le combustible endommagé peut comprendre des assemblages de combustible dont la structure ou la gaine comporte des défauts. Le combustible dont la gaine est endommagée devrait être contenu afin de faciliter sa maintenance et de confiner les particules de combustible dans une configuration sous-critique connue dans des conditions normales et des conditions d'accident hypothétique de transport. Le gainage du combustible est une option à envisager. La demande devrait comprendre une justification relative aux spécifications du matériau et aux critères de conception/fabrication de la gaine. Ces spécifications et ces critères devraient être les mêmes que ceux des structures de confinement ou d'appui de la criticité.

#### 4.2 Confinement dans des conditions normales de transport

Cette section devrait comprendre l'évaluation de l'enveloppe de confinement dans des conditions normales de transport, à l'aide des méthodes contenues dans les normes de l'*American National Standards Institute* (ANSI) N14.5-1997, *American National Standard for Radioactive Materials—Leakage Tests on Packages for Shipment* [1] ou de l'*International Standard Organization* (ISO) 12807 :1996(E), *International Standard, Safe Transport of Radioactive Material—Leakage Testing on Packages* [11]. Cette section devrait démontrer que le colis respecte les exigences relatives au confinement contenues dans le 10 CFR 71.51(a)(1) ou à l'alinéa 656(a) du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1 dans les conditions normales de transport. L'évaluation devrait être réalisée pour les formes chimiques et physiques les plus limitatives du contenu. On devrait tenir compte des produits de filiation importants. Les composantes du terme source libérable, y compris les gaz, les liquides et les aérosols en poudre radioactifs devraient être précisées. Si moins de 100 % du contenu est considéré comme étant libérable, on devrait justifier le pourcentage qui reste. L'évaluation du confinement ne devrait pas reposer sur le blocage d'une fuite de contenu de matières particulaires afin de respecter les critères de confinement dans la réglementation. Tout joint dont le taux de fuite est de  $1 \times 10^{-7}$  atm.cm<sup>3</sup>/s, tel que défini dans la norme ANSI N14.5, peut être considéré comme étant étanche.

L'évaluation relative aux conditions normales de transport devrait comprendre :

32. les pressions internes maximales, y compris tout gaz généré dans le colis pendant une période de un an;
33. le rendement structural de l'enveloppe de confinement, y compris les joints, les boulons de fermeture et les ouvertures;
34. l'épreuve d'étanchéité de l'enveloppe de confinement.

Les gaz combustibles ne devraient pas dépasser 5 % (en volume) du volume de gaz libre dans toute partie confinée du colis. Aucun crédit ne sera accordé aux dégazeurs, aux catalyseurs ou à d'autres mécanismes de recombinaison.

Dans le cas des colis du type A contenant des matières fissiles, l'évaluation devrait montrer qu'il n'y a pas de perte ou de dispersion des matières radioactives dans les conditions normales de transport, tel que précisé dans le 10 CFR 71.43(f) ou paragraphe 646 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Dans le cas des colis du type B, l'évaluation devrait démontrer qu'il n'y a pas de libération dans des conditions normales de transport en ce qui a trait à la sensibilité requise. Dans les deux cas, il ne devrait pas y avoir d'augmentation importante de l'intensité de rayonnement externe.

Dans le cas des colis qui contiennent du CNI, le terme source libérable est composé d'impuretés (contamination de surface) sur l'extérieur de la gaine de la barre de combustible qui peuvent passer à l'état d'aérosol, et de particules fines, de matières volatiles et de gaz qui sont rejetés de la barre de combustible en cas de brèche dans la gaine. Les valeurs limitatives de l'activité surfacique efficace volumique en Bq/cm<sup>2</sup> (Ci/cm<sup>2</sup>) des impuretés sur la gaine de la barre de combustible sont basées sur des données expérimentales. Un programme informatique, comme ORIGEN-S, peut être utilisé pour déterminer la nature des radionucléides présents pour un pourcentage d'enrichissement du combustible, un taux de combustion et un temps de refroidissement donnés. En utilisant les valeurs A<sub>2</sub> individuelles des impuretés, des particules fines, des gaz et des composés volatils, la valeur A<sub>2</sub> efficace du mélange terme source libérable peut être déterminée à l'aide de la fraction de rejet relative pour chaque facteur contributif, en utilisant les méthodes précisées dans les normes ANSI N14.5 [1] ou ISO 12807 [11]. Les fractions de rejet et les activités spécifiques efficaces des différents facteurs contributifs au terme source libérable pour le CNI avec un enrichissement initial de 3,2 %, un taux de combustion nucléaire de 33 GWj par tonne métrique de métal lourd (initial) et une durée de refroidissement de 5 ans sont données au tableau 4-1. Les fractions de rejet présentées au tableau 4-1 ont été élaborées à partir d'arguments logiques et de données expérimentales (NUREG/CR-6487, *Containment Analysis for Type B Packages Used to Transport Various Contents* [17]). Ces valeurs sont valides pour le CNI des réacteurs à eau ordinaire qui ont un taux de combustion nucléaire inférieur à 45 GWj par tonne métrique de métal lourd (initial). Les fractions de rejet et les activités spécifiques devraient être justifiées dans la demande, suivant le cas.

**Tableau 4-1 Fractions de rejet et activités spécifiques des facteurs contributifs au terme source libérable des colis conçus pour transporter du combustible irradié provenant de réacteurs à eau sous pression (REP) et de réacteurs à eau bouillante (REB) commerciaux pour des taux de combustion nucléaire inférieurs à 45 GWj par tonne métrique de métal lourd (initial)**

Variable	REP		REB	
	Conditions normales de transport	Conditions d'accident hypothétique	Conditions normales de transport	Conditions d'accident hypothétique
Fraction des impuretés dans les éclats s'étant détachés des barres, $f_C$	0,15	1,0	0,15	1,0
Activité surfacique des impuretés, $S_C$ (Ci/cm <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	140 x 10 <sup>-6</sup>	140 x 10 <sup>-6</sup>	1254 x 10 <sup>-6</sup>	1254 x 10 <sup>-6</sup>
Fraction massique du combustible qui est rejeté sous forme de particules fines suite à une brèche dans la gaine, $f_F$	3 x 10 <sup>-5</sup>	3 x 10 <sup>-5</sup>	3 x 10 <sup>-5</sup>	3 x 10 <sup>-5</sup>
Activité spécifique des barres de combustible, $A_R$ (Ci/g)	0,60	0,60	0,51	0,51
Fraction des barres de combustible qui comportent des brèches dans la gaine, $f_B$	0,03	1,0	0,03	1,0
Fraction des gaz qui sont rejetés suite à une brèche dans la gaine, $f_G$	0,3	0,3	0,3	0,3
Activité spécifique du gaz dans les barres de combustible, $A_G$ (Ci/g)	7,32 x 10 <sup>-3</sup>	7,32 x 10 <sup>-3</sup>	6,28 x 10 <sup>-3</sup>	6,28 x 10 <sup>-3</sup>
Activité spécifique des composés volatils dans une barre de combustible $A_V$ (Ci/g)	0,1375	0,1375	0,1794	0,1794
Fraction des composés volatils qui sont rejetés suite à une brèche dans la gaine, $f_V$	2 x 10 <sup>-4</sup>	2 x 10 <sup>-4</sup>	2 x 10 <sup>-4</sup>	2 x 10 <sup>-4</sup>

<sup>1</sup>Valeurs de l'activité des impuretés au moment du déchargement du combustible du réacteur, qui devraient être corrigées pour tenir compte de la désintégration radioactive.

Le taux de rejet maximal admissible et le taux de fuite maximal admissible devraient être basés sur la densité massique, l'activité spécifique efficace et la valeur A2 efficace du terme source libérable, et ceux-ci devraient être calculés conformément aux méthodes précisées dans les normes ANSI N14.5 [1] ou ISO 12807 [11].

### 4.3 Confinement dans des conditions d'accident hypothétique

Cette section devrait comprendre l'évaluation de l'enveloppe de confinement dans des conditions d'accident hypothétique compte tenu des facteurs mentionnés à la section 4.2. Cette section devrait démontrer que le colis respecte les exigences relatives au confinement du 10 CFR 71.51(a)(2) ou de l'alinéa 656(b) du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1 dans des conditions d'accident hypothétique. Plus particulièrement, le rendement structural de l'enveloppe de confinement devrait être traitée, y compris les joints, les boulons de fermeture et les ouvertures, ainsi que les épreuves d'étanchéité de l'enveloppe de confinement. L'évaluation devrait examiner les différences relatives aux conditions d'accident, par exemple la pressurisation de l'enveloppe de confinement lors des épreuves thermiques, l'augmentation possible du terme source libérable et les changements possibles dans le rendement de l'enveloppe de confinement suite à des dommages causés au colis.

#### 4.4 Épreuve d'étanchéité pour les colis du type B

Cette section devrait décrire les taux de fuite qui sont employés pour montrer que le colis respecte les exigences du 10 CFR 71.51 ou du paragraphe 656 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. Ceux-ci peuvent comprendre :

35. l'épreuve d'étanchéité lors de la fabrication;
36. l'épreuve d'étanchéité lors de l'entretien;
37. l'épreuve d'étanchéité périodique;
38. l'épreuve d'étanchéité avant l'expédition.

Les épreuves d'étanchéité réalisées lors de la fabrication et de l'entretien, ainsi que les épreuves périodiques devraient être incluses dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*, de la demande. L'épreuve d'étanchéité avant l'expédition pour la vérification de l'assemblage devrait être incluse dans le chapitre 7, *Mode d'emploi de l'emballage*.

La norme NUREG/CR-6487 "Containment Analysis for Type B Packages Used to Transport Various Contents"<sup>4</sup> montre des exemples d'analyses visant à déterminer les critères de confinement pour les colis du type B. Si ces analyses sont utilisées, on doit démontrer que les hypothèses du NUREG/CR-6487 sont applicables au colis au besoin.

Les méthodes relatives aux épreuves d'étanchéité de tous les joints et les ouvertures de l'enveloppe de confinement, y compris les ouvertures de drainage et d'aération devraient être décrites. Si les ouvertures de remplissage, de drainage ou d'essai utilisent des vannes à déconnexion rapide, on devrait démontrer que celles-ci n'empêchent pas l'épreuve d'étanchéité des joints de confinement. Le taux de fuite maximal admissible et la sensibilité minimale à l'épreuve devraient être précisés pour chaque type d'essai, c'est-à-dire fabrication, entretien, essais périodiques et essais avant l'expédition.

Une méthode visant à déterminer le taux de fuite volumétrique maximal admissible basé sur les taux de rejet réglementaires admissibles à la fois dans des conditions normales et dans des conditions d'accident hypothétique de transport est contenue dans la norme ANSI N14.5. Le plus faible de ces taux de fuite d'air est défini comme étant le taux de fuite d'air de référence. La norme ISO 12807 présente également un moyen de calculer le taux de rejet.

#### 4.5 Annexe

L'annexe devrait comprendre une liste des références, des pages applicables tirées des documents mentionnés en référence, les renseignements et les analyses à l'appui, les résultats des essais et d'autres renseignements additionnels appropriés.

## 5.0 ÉVALUATION DU BLINDAGE

Cette section de la demande devrait identifier, décrire, examiner et analyser la principale conception du blindage contre le rayonnement du colis, des composants et des systèmes importants sur le plan de la sûreté. Cette section devrait examiner les exigences réglementaires du 10 CFR 71.47 et 71.51(a)(1) et (2) ou des paragraphes 526, 530, 531 et 532 du TS-R-1 qui sont référencés à la section 16(4) du RETSN, du paragraphe 572 du TS-R-1 qui est référencé à la section 15(5) du RETSN, et des paragraphes 645, 646(b) et 656(b)(ii)(i) du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.

## 5.1 Description du blindage

### 5.1.1 Caractéristiques de conception

Cette section devrait décrire les caractéristiques de conception du blindage contre le rayonnement du colis. Les caractéristiques de conception importantes pour le blindage comprennent notamment :

39. les dimensions, tolérances et masses volumiques du matériau pour le blindage contre les neutrons et les rayons gamma, y compris les composants du colis examinés dans l'évaluation du blindage;
40. la masse volumique, la densité atomique ou la masse surfacique des matériaux employés comme absorbeurs de neutrons;
41. les méthodes employées pour déterminer l'uniformité des absorbeurs ainsi que les références à l'appui des données;
42. les composants structuraux qui maintiennent le contenu dans une position fixe à l'intérieur du colis;
43. les dimensions du véhicule de transport qui sont examinées dans l'évaluation du blindage.

Le texte, les tableaux et les figures décrivant les caractéristiques de conception du blindage devraient être conformes aux dessins techniques et aux modèles utilisés dans l'évaluation du blindage.

### 5.1.2 Tableau sommaire de l'intensité de rayonnement maximale

Cette section devrait présenter les débits de dose maximums à la fois pour les conditions normales de transport et les conditions d'accident hypothétique aux endroits appropriés pour les expéditions à utilisation non exclusive et à utilisation exclusive, suivant le cas. Les tableaux 5-1 et 5-2 précisent les limites réglementaires et les renseignements à fournir pour les colis transportés dans des véhicules sous utilisation non exclusive et dans des véhicules sous utilisation exclusive. Ces tableaux représentent un format approprié pour la présentation de l'information portant sur le rayonnement externe spécifique à un colis et son contenu à inclure dans ce chapitre de la demande.

Dans le cas des colis contenant du combustible nucléaire irradié (CNI), la spécification du combustible irradié (p. ex. taux de combustion nucléaire, enrichissement et temps de refroidissement) à laquelle l'intensité de rayonnement individuel s'applique devrait être indiquée dans le tableau, étant donné que les contributions gamma et neutronique pourraient être les plus élevées à des spécifications de combustible différentes.

**Table 5-1 : Tableau sommaire de l'intensité de rayonnement externe  
(utilisation non exclusive)**

	Surface du colis mSv/h (mrem/h)			1 mètre de la surface du colis mSv/h (mrem/h)		
	Dessus	Côté	Fond	Dessus	Côté	Fond
<b>Conditions normales de transport</b>						
Gamma						
Neutron						
Total						
10 CFR 71.47(a) ou paragraphes 530 et 531 du TS-R-1	2 (200)	2 (200)	2 (200)	0.1 (10)*	0.1 (10)*	0.1 (10)*
<b>Conditions d'accident hypothétique</b>						
Gamma						
Neutron						
Total						
Limite, 10 CFR 71.51(a)(2) ou 656(b)(ii)(i) du TS-R-1				10 (1000)	10 (1000)	10 (1000)

\* L'indice de transport ne doit pas dépasser 10.

**Table 5-2 Tableau sommaire de l'intensité de rayonnement externe  
(utilisation exclusive)\***

	Surface du colis (ou du conteneur de fret) mSv/h (mrem/h)			2 mètres de la surface extérieure du véhicule mSv/h (mrem/h)		
	Dessus	Côté	Fond	Dessus	Côté	Fond
<b>Conditions normales de transport</b>						
Gamma						
Neutron						
Total						
Limite, 10 CFR 71.47(b) ou paragraphe 572 du TS-R-1	10 (1000)**	10 (1000)**	10 (1000)**	0.1 (10)	0.1 (10)	0.1 (10)
	Surface du véhicule mSv/h (mrem/h)			Position occupée mSv/h (mrem/h)		
<b>Conditions normales de transport</b>	Dessus	Côté	Dessous			
Gamma						
Neutron						
Total						
Limite, 10 CFR 71.47(b) ou paragraphe 572 du TS-R-1	2 (200)	2 (200)	2 (200)	0.02 (2)		
Conditions d'accident hypothétique				1 mètre de la surface du colis mSv/h (mrem/h)		
Gamma						
Neutron						
Total						
Limite, 10 CFR 71.51(a)(2) ou 656(b)(ii)(i) du TS-R-1				10 (1000)	10 (1000)	10 (1000)

\*Pour les colis transportés par route, par voie ferrée et par bateau

\*\*Pour les colis transportés dans des véhicules fermés autrement, 2(200)

## 5.2 Spécification de la source

Cette section devrait décrire le contenu, ainsi que les termes sources gamma et les termes sources neutron employés dans l'analyse du blindage. Toute augmentation dans les termes sources au fil du temps devrait être examinée. Dans le cas des colis conçus pour des contenus multiples, le contenu produisant le débit de dose externe le plus élevé à chaque endroit devrait être clairement identifié et évalué. Dans le cas des colis conçus pour transporter du combustible irradié, cette section devrait également préciser le type de combustible, son taux de combustion, son temps de refroidissement et son enrichissement initial. Dans le cas des évaluations du blindage des colis contenant du combustible irradié, le terme source neutron augmente considérablement à mesure que l'enrichissement initial diminue et lorsque la combustion est constante. Par conséquent, en identifiant le terme source limitatif, l'enrichissement initial minimal devrait être spécifié. À noter que la section efficace appropriée pour le taux de combustion du combustible irradié correspondant devrait être utilisée.

### 5.2.1 Source gamma

Cette section devrait préciser la quantité de matières radioactives incluses comme contenus, et présenter sous forme de tableau l'intensité de la source de désintégration gamma (MeV/s et photons/s) en fonction de l'énergie des photons. Une description détaillée de la méthode utilisée pour déterminer l'intensité de la source gamma et sa distribution devrait être fournie.

Pour les contenus de colis autres que le CNI, l'intensité maximale de la source gamma et le spectre devraient être calculés à l'aide d'une méthode appropriée (p. ex. programmes informatiques standard ou calcul à la main). La contribution à la source des produits de filiation radioactifs devrait être incluse si les débits de dose produits sont plus élevés que le contenu sans désintégration. Si les nucléides radioactifs et le spectre gamma sont calculés à l'aide d'un programme informatique, on devrait décrire les paramètres clés dans la demande ou les indiquer dans le fichier d'entrée. La production de rayons gamma secondaires (p. ex. suite à des réactions  $(n, \gamma)$  dans le matériau de blindage) devrait être calculée dans le cadre de l'évaluation du blindage (voir section 5.4) ou autrement incluse dans le terme source.

Les résultats de la détermination du terme source devraient être présentés sous forme de liste des rayons gamma par seconde, ou des MeV par seconde, en fonction de l'énergie. L'activité (ou la masse) de chaque nucléide qui contribue de manière importante au terme source devrait également être fournie à titre de renseignements à l'appui.

Dans le cas où le contenu est du CNI, les termes sources gamma devraient être précisés en fonction de l'énergie à la fois pour le CNI et le matériel devenu radioactif. Si la structure du groupe énergétique dans le calcul du terme source diffère de celle de la section efficace du calcul du blindage, le demandeur peut également y inclure les photons. De façon générale, seuls les rayons gamma ayant une énergie d'environ 0,8 à 2,5 MeV contribueront de manière importante à l'intensité du rayonnement externe, alors le fait de regrouper les rayons gamma qui se situent à l'extérieur de cette plage n'a pas de conséquence importante. On devrait utiliser une unité uniforme de terme source (p. ex. par assemblage, par nombre total d'assemblages ou par tonne métrique) dans le calcul du blindage.

La détermination des termes sources pour le matériel de l'assemblage combustible n'est généralement pas aussi facile à déterminer que pour le CNI. L'activation du matériel d'assemblage dépend des impuretés (p. ex. cobalt 59) initialement présentes et de la variation spatiale et énergétique du flux de neutron pendant la combustion. Si le colis est destiné à transporter d'autres matériaux, comme les assemblages de commande ou des enveloppes, les termes sources de ces composants devraient être inclus.

Selon la conception du colis, les interactions avec les neutrons peuvent résulter de la production de rayons gamma énergétiques près de la surface du colis. Si cette source n'est pas traitée par le programme d'analyse du blindage, d'autres moyens appropriés devraient être utilisés pour la déterminer.

### 5.2.2 Source de neutrons

Cette section devrait préciser la quantité de matières radioactives incluses dans le contenu et présenter sous forme de tableau l'intensité de la source de neutrons (neutron/s) en fonction de l'énergie. Une description détaillée de la méthode employée pour déterminer l'intensité de la source de neutrons et sa distribution devrait être fournie.

La méthode devrait tenir compte, s'il y a lieu, des neutrons issus de la fission spontanée et des réactions ( $\alpha,n$ ). Selon les méthodes utilisées pour calculer ces termes sources, le demandeur peut déterminer la structure du groupe énergétique indépendamment. On y parvient souvent en choisissant le nucléide possédant la contribution prédominante à la fission spontanée (p. ex. curium 244) et en utilisant ce spectre pour tous les neutrons, étant donné que la contribution de la réaction ( $\alpha,n$ ) est généralement faible. Si l'une de ces contributions à la source est supposée être négligeable, une justification appropriée devrait être fournie.

La production de neutrons suite à une multiplication sous critique devrait être soit calculée dans le cadre de l'évaluation du blindage (voir section 5.4) ou incluse de manière prudente et justifiée dans le terme source.

Les résultats du calcul du terme source, s'il y a lieu, devraient être présentés sous forme de liste de neutrons par seconde en fonction de l'énergie. La contribution de la fission spontanée et de la réaction ( $\alpha,n$ ) devraient être identifiées séparément, avec les actinides ou les noyaux légers importants dans le procédé. Dans le cas de la contribution à la fission spontanée, une liste des nucléides importants devrait également être présentée.

## 5.3 Modèle de blindage

### 5.3.1 Configuration de la source et du blindage

Cette section devrait fournir une description détaillée du modèle employé dans l'évaluation du blindage. Les effets des épreuves sur le colis et son contenu dans des conditions normales de transport et des conditions d'accident hypothétique devraient être évalués. Les modèles employés dans le calcul du blindage devraient être conformes à ces effets.

La section devrait comprendre des illustrations (mises à l'échelle) et les dimensions des matériaux de blindage radial et axial. Les dimensions du véhicule de transport et l'emplacement du colis dans le cas des expéditions sous utilisation exclusive devraient être inclus afin de déterminer l'intensité du rayonnement à 2 mètres du véhicule et à l'endroit occupé normalement par le conducteur. L'analyse est basée sur les limites du rayonnement indiquées dans le 10 CFR 71.47(b) ou au paragraphe 572 du TS-R-1 qui est référencé à la section 15(5) du RETSN.

Les emplacements ponctuels de la dose dans le modèle de blindage, y compris tous les emplacements prescrits par le 10 CFR 71.47(a) ou 71.47(b) et le 10 CFR 71.51(a)(2) ou les paragraphes 530 et 531 du TS-R-1 qui sont référencés à la section 16(4) du RETSN

ou le paragraphe 572 du TS-R-1 qui est référencé à la section 15(5) du RETSN et l'alinéa 656(b)(ii)(i) du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1, devraient être identifiés. Ces emplacements devraient être choisis de manière à identifier les emplacements où l'intensité du rayonnement est maximale. Les pics de rayonnement se produisent souvent près des bords du blindage externe contre les neutrons et des limiteurs d'impact dans le cas des colis contenant du CNI. Les vides ou les voies de canalisation ainsi que les géométries irrégulières du modèle devraient être inclus ou traités de manière prudente.

Si le contenu peut être positionné à différents endroits ou si sa densité est répartie de manière inégale, l'emplacement et les propriétés physiques du contenu utilisé dans l'évaluation devraient être ceux qui donnent lieu à l'intensité de rayonnement externe maximal. Par exemple, la configuration de source qui maximise l'intensité du rayonnement sur les côtés du colis n'est peut-être pas la même configuration de source que celle qui maximise l'intensité du rayonnement sur le dessus ou au fond. Tout changement de configuration (p. ex. déplacement de la source ou du blindage, réduction du blindage) résultant des conditions normales de transport ou des conditions d'accident hypothétique devrait être inclus, s'il y a lieu.

Dans le cas des colis contenant du CNI, l'emplacement du terme source à la fois pour le CNI et les régions de support de la structure de l'assemblage de combustible devraient être modélisés adéquatement. De façon générale, au moins trois régions de source (combustible et matériel d'assemblage dessus/fond) sont nécessaires. Dans la région du CNI, les matériaux du combustible peuvent généralement être homogénéisés pour faciliter les calculs du blindage. Dans certains cas, le panier d'élément combustible peut également être homogénéisé. Cependant, l'homogénéisation peut ne pas être appropriée dans certains cas, lorsqu'elle modifie le taux de multiplication des neutrons ou lorsque l'effet de canalisation du rayonnement se produit entre les composants du panier. En outre, la configuration de source présumée devrait limiter les conditions d'endommagement des assemblages de combustible irradié si des combustibles endommagés doivent être transportés dans le colis.

En raison du profil de combustion nucléaire du CNI, une distribution de source uniforme est généralement prudente pour les points de dose du dessus et du fond, mais pas pour le centre axial, à moins que l'intensité de la source soit ajustée en conséquence. Les pics de rayonnement importants devraient être adressés de façon adéquate. Les régions d'appui de la structure de l'assemblage (p. ex. les pièces d'extrémité du dessus et du fond, et la chambre réservoir) devraient avoir leur position corrigée en fonction du CNI. Ces régions d'appui peuvent être homogénéisées individuellement.

### **5.3.2 Propriétés des matériaux**

Cette section devrait décrire les propriétés des matériaux (p. ex. la masse volumique et la densité atomique) dans les modèles du blindage des colis et de leur contenu. Les changements résultant de conditions de transport normales ou de conditions d'accident hypothétique devraient être inclus, suivant le cas. Les sources de données pour des matériaux peu communs devraient être mentionnées. Les matériaux peu communs

devraient être contrôlés adéquatement pour atteindre leur masse volumique nominale. Des renseignements spécifiques sur les mesures de contrôle devraient être inclus dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*, de la demande.

Les propriétés de blindage des matériaux ne devraient pas se détériorer pendant la durée de vie en service du colis (p. ex. détérioration de la mousse ou déshydratation des matériaux hydrogénés). Des contrôles devraient être en place pour assurer l'efficacité du blindage à long terme, suivant le cas. Les matériaux de blindage sensibles à la température ne devraient pas être assujettis à des températures correspondant à leur limite de conception ou dépassant ces limites pendant les conditions normales ou les conditions d'accident. Le demandeur devrait examiner de manière appropriée le risque que les matériaux de blindage subissent des changements de masse volumique à des températures extrêmes. Par exemple, les températures élevées peuvent réduire la teneur en hydrogène par perte de liaison ou suite à l'infiltration d'eau libre dans les matériaux de blindage contenant de l'hydrogène. En outre, les températures qui pourraient entraîner un changement dans la forme physique du matériel de blindage, telle que la fusion du plomb, ne sont pas acceptables.

Si le modèle de blindage simule une région de source homogène (plutôt qu'un modèle hétérogène détaillé du contenu), une telle démarche devrait être justifiée et l'on devrait démontrer que la masse volumique homogénéisée est correcte pour des conditions de transport normales et des conditions d'accident hypothétique. La densité atomique devrait également être confirmée si elle est utilisée comme donnée d'entrée dans les calculs du blindage.

## 5.4 Évaluation du blindage

### 5.4.1 Méthodes

Cette section devrait contenir une description générale de la méthode fondamentale utilisée pour déterminer les débits de dose gamma et les débits de dose de neutron à des points choisis à l'extérieur du colis pour des conditions de transport normales et des conditions d'accident. Elle devrait comprendre une description de la distribution spatiale de la source et de tout programme informatique utilisé, avec la documentation de référence. Cette section devrait également comprendre une description détaillée des paramètres d'entrée fondamentaux, ainsi que les bases ayant servi à choisir le programme, l'atténuation et la section efficace d'élimination, ainsi que les facteurs d'accumulation.

Les programmes informatiques peuvent utiliser la méthode de transport de type Monte Carlo, de transport déterministe, ou la méthode des noyaux ponctuels. Cette dernière est généralement appropriée seulement aux rayons gamma. Dans le cas des programmes informatiques qui ne sont pas bien reconnus dans le domaine public, la demande devrait décrire la méthode de solution, les résultats repères, la procédure de validation et les pratiques d'assurance de la qualité.

Les dimensions de la modélisation et du programme (1d, 2d, ou 3d) devraient être appropriées à la complexité du colis et de son contenu. De façon générale, pour un colis contenant du CNI, des calculs à deux dimensions ou à trois dimensions sont nécessaires. Les programmes à une dimension fournissent peu d'information concernant les emplacements en dehors de l'axe et les voies de canalisation du rayonnement. Même dans le cas des intensités de rayonnement aux extrémités du colis, les programmes à une dimension nécessitent une correction du flambage qui doit être justifié; le fait d'utiliser le diamètre de la cavité du colis peut sous-estimer l'intensité du rayonnement (surestimation de la fuite radiale).

La bibliothèque de sections efficaces utilisée par le programme devrait être applicable aux calculs du blindage. Le programme devrait tenir compte de la multiplication sous-critique et de la production de rayons gamma secondaire, à moins que ces conditions aient été examinées de manière appropriée (p. ex. dans la spécification du terme source).

#### **5.4.2 Données d'entrée et de sortie**

Cette section devrait préciser les données d'entrée clés pour les calculs du blindage, et devrait montrer que cette information est entrée correctement dans le programme. Selon le type de programme informatique (à noyaux ponctuels, déterministe, Monte Carlo, etc.), les données d'entrée clés devraient comprendre le terme source, les matériaux, les dimensions du colis, les critères de convergence, la taille des mailles du réseau, les neutrons par génération, le nombre de générations, etc. Au moins un fichier d'entrée et un fichier de sortie représentatifs, ou des sections clés de ces fichiers, devraient être inclus. Cette section devrait montrer que le programme atteint une convergence adéquate.

#### **5.4.3 Conversion du flux au débit de dose**

Cette section devrait comprendre un tableau comportant les facteurs de conversion du flux au débit de dose en fonction de l'énergie, et l'on devrait mentionner les références appropriées pour appuyer les données. Les facteurs de conversion du flux à la dose de la norme ANSI/ANS 6.1.1-1977, *American National Standard for Neutron and Gamma-Ray Flux to Dose Factors* [5], devraient être utilisés pour calculer les débits de dose.

#### **5.4.4 Intensité du rayonnement externe**

Cette section devrait décrire les résultats des analyses du rayonnement en détail. Les résultats devraient être conformes aux tableaux sommaires de la section 5.1.2 et respecter les limites précisées dans 10 CFR 71.47(a) ou 10 CFR 71.47(b), suivant le cas et 10 CFR 71.51(a)(2), ou les paragraphes 526, 530, 531 et 532 du TS-R-1 qui sont référencés à la section 16(4) du RETSN, le paragraphe 572 du TS-R-1 qui est référencé à la section 15(5) du RETSN, et des paragraphes 645, 646 et 656(b)(ii)(i) du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1. L'emplacement du débit de dose maximal pour l'analyse devrait être identifié, et l'on devrait fournir suffisamment de données pour montrer que l'intensité du rayonnement est raisonnable et que ses écarts en fonction de l'emplacement sont conformes à la géométrie

et au blindage du colis. Les résultats devraient tenir compte des conditions normales et des conditions d'accident.

L'analyse devrait montrer que les emplacements choisis sont ceux où le débit de dose est maximal. Pour déterminer le débit de dose maximal, on devrait faire une moyenne de l'intensité du rayonnement pour toute l'aire de la section transversale d'une sonde de taille raisonnable (NUREG/CR-5569, *Averaging of Radiation Levels Over the Detector Probe Area* [15]). Dans le cas des colis où l'on observe des effets de canalisation du rayonnement ou des vides, la moyenne ne devrait pas être utilisée pour réduire l'intensité du rayonnement résultant de ces caractéristiques.

L'intensité du rayonnement externe devrait être raisonnable et ses écarts en fonction de l'emplacement devraient être conformes à la géométrie et au blindage du colis. Aux fins du 10 CFR 71.47(b) ou du paragraphe 572 du TS-R-1, la surface externe est considérée comme la partie du colis qui est illustrée dans les dessins, et que l'on a démontré qui demeurera en place dans des conditions normales de transport. Les barrières antipersonnel et les dispositifs semblables qui sont fixés au moyen de transport, plutôt qu'au colis, peuvent permettre, cependant, de qualifier le véhicule comme étant un véhicule fermé.

L'évaluation devrait tenir compte des dommages causés au blindage dans des conditions normales de transport et dans des conditions d'accident hypothétique. On devrait vérifier que tout dommage causé dans des conditions normales de transport ne donne pas lieu à une augmentation importante des débits de dose externe, tel que précisé dans le 71.43(f) et 71.51(a)(1) ou au paragraphe 646(b) du TS-R-1. Toute augmentation devrait être expliquée et justifiée comme étant négligeable.

## 5.5 Annexe

L'annexe devrait comprendre une liste des références, les pages applicables des documents mentionnés en référence, la justification des hypothèses ou des procédures d'analyse, les résultats des essais, les photographies, les descriptions des programmes informatiques, les fichiers d'entrée et de sortie et d'autres renseignements additionnels.

## 6.0 ÉVALUATION DE LA CRITICITÉ

Cette section de la demande devrait identifier, décrire, examiner et analyser la conception principale de sûreté-criticité du colis, ces composants et les systèmes importants sur le plan de la sûreté, et décrire comment le colis se conforme aux exigences du 10 CFR 71.15, *Exemption from Classification as Fissile Material*, 10 CFR 71.55 et 10 CFR 71.59 et du paragraphe 528 du TS-R-1 qui est référencé à la section 1(1) du RETSN, du paragraphe 671 du TS-R-1 tel qu'incorporé au paragraphe 7(1)a) du RETSN par référence au paragraphe 813 du TS-R-1, du paragraphe 672 du TS-R-1 qui est référencé à la section 1(1) de RETSN, et des paragraphes 673 à 682 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1.

### Exceptions des prescriptions concernant les colis contenant des matières fissiles

Les exigences concernant les exceptions visant les colis contenant des matières fissiles dans le 10 CFR 71.15 et le paragraphe 672 du TS-R-1 sont différentes. Le demandeur devrait se conformer aux exigences les plus restrictives des deux règlements, en ce qui a trait aux exceptions concernant les matières fissiles. Dans le cas des colis qui contiennent des matières fissiles et qui respectent les exigences du 10 CFR 71.15 et du paragraphe 672 du TS-R-1, le colis est exempté des exigences du 10 CFR 71.55 et 71.59 et des paragraphes 528, 671 et 673 à 682 du TS-R-1. Les matières fissiles devraient respecter les dispositions précisées dans le 10 CFR 71.15 et au paragraphe 672 du TS-R-1, comme suit :

2. l'une des exigences du 10 CFR 71.15 (a) à (f) ; et
3. l'une des dispositions des paragraphes 672 (a) à (d) du TS-R-1.

Cette section devrait tenir compte des effets sur la structure du colis et sur son contenu et des effets thermiques sur ces derniers dans des conditions normales et des conditions d'accident hypothétique en ce qui a trait aux changements dans les matériaux et dans la géométrie et aux effets subséquents sur la sûreté-criticité. Toute exigence relative à l'emploi, à la fabrication et à l'entretien en ce qui a trait à l'importance de la sûreté-criticité du colis devrait être incluse dans le chapitre 7, *Mode d'emploi*, et dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*, de la demande.

## 6.1 Description de la conception de criticité

Cette section devrait comprendre une description de la conception de criticité, qui devrait inclure les dispositions du 10 CFR 71.31, *Contents of Application*, et 10 CFR 71.33 et des paragraphes 807 et 813 du TS-R-1 qui sont référencés au paragraphe 7(1)(a) du RETSN.

### 6.1.1 Caractéristiques de conception

Cette section devrait décrire les caractéristiques de conception du colis qui sont importantes sur le plan du contrôle de la criticité. Les caractéristiques de conception importantes du colis sur le plan de la criticité comprennent notamment :

44. les dimensions et les tolérances de l'enveloppe de confinement, en ce qui a trait à la matière fissile;
45. les composants de la structure qui maintiennent la matière fissile et les poisons neutroniques dans une position fixe à l'intérieur du colis et dans une position fixe les uns par rapport aux autres;
46. l'emplacement, les dimensions et la concentration des absorbeurs et des modérateurs de neutrons, y compris les poisons neutroniques et les matériaux de blindage;

47. les dimensions et les tolérances des vides inondables et des pièges à flux à l'intérieur du colis;
48. les dimensions et les tolérances de l'ensemble du colis qui ont une incidence sur la séparation physique entre les matières fissiles et l'agencement de colis;
49. les renseignements sur l'assemblage de barres de combustible, les enveloppes, ou les autres composants de l'assemblage de combustible accompagnant le combustible nucléaire neuf ou irradié, selon le cas dans l'évaluation de la criticité.

Tous les renseignements présentés dans le texte, les dessins, les figures et les tableaux devraient être conformes les uns aux autres et conformes à ceux employés dans l'évaluation de la criticité. Les dessins sont la source faisant autorité pour ce qui est des dimensions, des tolérances et de la composition matérielle des composants importants sur le plan de la sûreté-criticité.

### **6.1.2 Tableau sommaire de l'évaluation de la criticité**

Cette section devrait comprendre un tableau sommaire des résultats de l'analyse de la criticité pour le colis, dans les cas suivants, tel qu'indiqué aux sections 6.4 à 6.6 :

50. colis considéré isolément, aux termes du 10 CFR 71.55(b), (d) et (e) ou des paragraphes 677, 678 et 679 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1;
51. agencement de colis non endommagés, aux termes du 10 CFR 71.59(a)(1), ou du paragraphe 681 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1;
52. agencement de colis endommagés, aux termes du 10 CFR 71.59(a)(2) ou du paragraphe 682 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1.

La valeur maximale du facteur de multiplication effectif des neutrons ( $k_{\text{eff}}$ ), toute incertitude stochastique, le biais et les incertitudes s'y rapportant, ainsi que le nombre de colis évalués dans l'agencement devraient être précisés dans le tableau. Le tableau devrait également montrer que la somme de  $k_{\text{eff}}$ , des deux écarts-types et du biais, compte tenu de leur ajustement des incertitudes, ne doit pas dépasser 0,95 dans chacun des cas. Par conséquent, un colis est considéré comme étant sous-critique, aux termes des conditions réglementaires, s'il respecte l'équation suivante :

$$k_{\text{eff}} + 2\sigma + \Delta k_u \leq 1 - \Delta k_m \quad \text{Eq. 6-1}$$

Où :

- $k_{\text{eff}}$  = valeur calculée obtenue pour le colis ou l'agencement de colis
- $\sigma$  = écart-type de la valeur de  $k_{\text{eff}}$  obtenue dans l'analyse Monte Carlo (la valeur de ce paramètre est réglée à zéro si une méthode déterministe est employée)
- $\Delta k_u$  = tolérance pour le biais du calcul et l'incertitude, tel que discuté à la section 6.8
- $\Delta k_m$  = marge de sous-criticité requise (valeur minimale de 0,05, selon la sensibilité de  $k_{\text{eff}}$  aux incertitudes des paramètres du système)

Par conséquent, l'équation 6-1 peut être réécrite comme suit :

$$k_{\text{eff}} + 2\sigma + \Delta k_u \leq 0.95 \quad \text{Eq. 6-2}$$

### 6.1.3 Indice de sûreté-criticité

Cette section devrait décrire l'indice de sûreté-criticité (ISC) dont il est question au 10 CFR 71.59(b) ou au paragraphe 528 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN, d'après le nombre de colis évalués dans l'agencement, et l'on devrait montrer comment il a été calculé.

L'ISC devrait être conforme à celui indiqué dans la section sur les renseignements généraux de la demande (chapitre 1). La valeur de N, que représente la quantité de colis permise dans une expédition, devrait être précisée.

## 6.2 Contenu constitué de matière fissile

Cette section devrait décrire de manière détaillée les matières fissiles autorisées dans le colis, selon le 10 CFR 71.33 ou les paragraphes 807 et 813 du TS-R-1 qui sont référencés au paragraphe 7(1)(a) du RETSN, et l'on devrait décrire en détail la matière fissile contenue dans le colis.

Les spécifications relatives au contenu employé dans l'évaluation de la criticité devraient être conformes à celles précisées dans le chapitre 1, *Renseignements généraux*, et à l'ensemble de la demande (blindage, caractéristique thermique, confinement, etc.). Les spécifications relatives à l'évaluation de la criticité devraient comprendre la masse de matière fissile, les dimensions, l'enrichissement, la composition physique et chimique, la masse volumique, la teneur en humidité et les autres caractéristiques de la matière selon le contenu spécifique. Toute différence dans les spécifications présentées dans le chapitre 1 ou dans d'autres sections devrait être clairement identifiée et justifiée. Étant donné qu'un conteneur partiellement rempli peut laisser place à des modérateurs (p. ex. de l'eau), le cas le plus réactif peut être celui où la masse de matière fissile est inférieure au

contenu maximal admissible. Par conséquent, il pourrait être nécessaire de préciser une masse minimale.

Si le colis est conçu pour contenir des contenus multiples, la demande devrait comprendre une évaluation distincte de la criticité et proposer différents contrôles de la criticité pour chacun des types de contenu. Toute hypothèse à l'effet que certains contenus n'ont pas à être évalués en raison du fait qu'ils sont moins réactifs que le contenu évalué devrait également être justifiée adéquatement.

Dans le cas du combustible nucléaire irradié, les spécifications pertinentes pour l'évaluation de la criticité devraient comprendre :

53. le type d'assemblage de combustible, les plaques ou les barres (p. ex. REP/REB) et le fournisseur/modèle, suivant le cas;
54. les dimensions du combustible (y compris celles des pastilles annulaires) et de la gaine, l'espace entre le combustible et la gaine, le pas entre les éléments combustibles et la longueur de la barre;
55. le nombre de barres ou de plaques par assemblage et l'emplacement des tubes guides ainsi que des poisons consommables;
56. les matériaux et les masses volumiques;
57. la longueur du combustible radioactive
58. l'enrichissement (les variations par barre, s'il y a lieu) avant l'irradiation;
59. la forme chimique et physique;
60. la masse de métal lourd initial par assemblage ou par barre;
61. le nombre d'assemblages de combustible ou de barres par colis;
62. d'autres composants inclus dans l'analyse de la criticité, ou qui ont un effet non négligeable sur  $k_{\text{eff}}$ .

L'état des assemblages de combustible nucléaire irradié, y compris les barres de combustible manquantes ou de remplacement, devrait être décrit. De façon générale, la description du contenu devrait être suffisante pour permettre une évaluation détaillée de la criticité pour chaque type ou pour appuyer la conclusion que certains types sont limités par les évaluations réalisées. Si le contenu comprend du combustible endommagé, l'ampleur des dommages devrait être précisée. Tout récipient ou conteneur utilisé comme faisant partie du contenu du colis devrait être décrit.

### 6.3 Observations d'ordre général

Cette section devrait comprendre des observations générales utilisées pour évaluer la criticité du colis. Celles-ci peuvent s'appliquer aux évaluations de la criticité d'un colis considéré isolément ou d'un agencement de colis à la fois pour les conditions normales de transport et les conditions d'accident hypothétique.

### 6.3.1 Configuration du modèle

Cette section devrait décrire le modèle de calcul et comporter des illustrations de ce modèle. Les illustrations devraient préciser les matériaux utilisés dans toutes les régions du modèle. Toute différence entre le modèle et la configuration réelle du colis devrait être identifiée et une justification à l'effet que le modèle est conservateur devrait être fournie. En outre, les différences entre le modèle des conditions normales de transport et celui des conditions d'accident devraient être clairement identifiées et justifiées.

À l'intérieur de la plage de tolérance spécifiée, les dimensions devraient être choisies de manière à correspondre à la réactivité la plus élevée. Par exemple, les dimensions de la cavité et l'épaisseur de poison devraient être examinées, de manière à maximiser la réactivité.

Les écarts par rapport à la configuration de la conception nominale devraient être examinés. Par exemple, le contenu d'un colis qui se présente sous forme de poudre peut être positionné à divers endroits et suivant des masses volumiques variables; l'assemblage de combustible peut ne pas toujours être au centre des paniers; et les paniers peuvent ne pas toujours être exactement au centre du colis de combustible irradié. L'emplacement relatif et les propriétés physiques du contenu à l'intérieur du colis devraient être justifiés, de même que ceux qui donnent lieu au facteur de multiplication maximal.

Dans le cas des colis comportant des assemblages de combustible, le scénario d'immersion complète devrait tenir compte de l'inondation préférentielle ainsi que de l'inondation des espaces entre le combustible et la gaine. En outre, la masse volumique variable de l'eau devrait être examinée afin de tenir compte des pics possibles de réactivité du système.

Étant donné que les programmes informatiques modernes sont plus performants, la modélisation homogénéisée ne devrait pas être utilisée. Si l'on utilise l'homogénéisation dans le modèle, on devrait démontrer qu'elle est appliquée correctement ou de manière prudente.

### 6.3.2 Propriétés des matériaux

Cette section devrait fournir la masse volumique et la densité atomique des matériaux utilisés dans les modèles représentant le colis et son contenu. Les propriétés des matériaux devraient être conformes à celles observées pour le colis lors des épreuves précisées dans le 10 CFR 71.71 et 71.73 ou aux paragraphes 719 à 724 et 726 à 729 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(4) du RETSN par référence au paragraphe 716 du TS-R-1. Les matériaux sur lesquels repose le contrôle de la criticité doivent demeurer en place et être efficaces.

On ne devrait pas considérer plus de 75 % de la concentration de poison neutronique minimale spécifiée dans l'évaluation de la criticité, à moins qu'un pourcentage plus élevé soit justifié.

Les différences entre l'état des matériaux dans des conditions normales de transport et dans des conditions d'accident hypothétique devraient être clairement identifiées. Les matériaux pertinents pour la conception de la criticité, comme les poisons, les mousses, les plastiques et autres hydrocarbures devraient être examinés.

Les absorbeurs et modérateurs de neutrons (p. ex. les poisons et le blindage contre les neutrons) devraient être contrôlés adéquatement durant la fabrication afin que leurs propriétés soient optimales. Les renseignements à ce sujet devraient être examinés de manière plus détaillée dans le chapitre 8, *Épreuves d'acceptation et programme d'entretien*, de la demande.

Les matériaux ne devraient pas se détériorer pendant la durée de vie en service du colis au point où ils auraient des effets néfastes sur la performance du colis. Des contrôles spécifiques devraient être en place pour assurer l'efficacité du colis pendant sa durée de vie. Ces renseignements devraient également être examinés de manière plus détaillée dans le chapitre 8 de la demande.

### **6.3.3 Programmes informatiques et bibliothèques de sections efficaces**

Cette section devrait décrire les méthodes fondamentales employées pour calculer la constante de multiplication effective des neutrons pour le colis, afin de démontrer la conformité avec les normes d'emballage des matières fissiles. Cela devrait comprendre notamment :

63. une description du programme informatique et des sections efficaces d'absorption des neutrons utilisées;
64. les fondements du choix du programme et des sections efficaces;
65. les données d'entrée clés pour les calculs de la criticité, comme les neutrons par génération, le nombre de générations, les critères de convergence, le choix du maillage du réseau, etc.

Au moins un dossier d'entrée et un dossier de sortie représentatifs (ou des sections clés de ces fichiers) pour un colis considéré isolément, un agencement non endommagé et un agencement endommagé devraient être inclus dans la demande. Le calcul devrait converger adéquatement et les facteurs de multiplication calculés à partir des fichiers de sortie devraient être conformes à ceux de l'évaluation.

### **6.3.4 Démonstration de la réactivité maximale**

Cette section devrait comprendre une démonstration à l'effet que la configuration la plus réactive de chaque cas énuméré aux sections 6.4 à 6.6 (colis considéré isolément, agencements de colis non endommagés et agencements de colis endommagés) a été évaluée. Toutes les hypothèses et approximations devraient être clairement identifiées et justifiées.

Dans le cas des colis qui comportent plusieurs types d'assemblage de combustible nucléaire irradié en ce qui a trait au contenu, tous les types d'assemblage devraient être analysés, ou le type d'assemblage de combustible limitatif devrait être justifié et analysé.

Cette section devrait identifier la combinaison optimale de substances modératrices internes (à l'intérieur du colis) et de substances modératrices intercalées (entre les colis), suivant le cas. Les cas suivants devraient être examinés :

66. la modulation par l'eau et par tout matériau hydrogéné comme le polyéthylène;
67. le noyage préférentiel des différentes régions à l'intérieur du colis;
68. les charges partielles (p. ex. masses fissiles inférieures à la masse maximale admissible).

### **6.3.5 Crédit associé à la combustion pour les colis contenant du combustible irradié**

Lors de la conception du système de contrôle de la criticité pour les colis contenant du combustible irradié, si le demandeur s'appuie sur la réactivité réduite des assemblages de combustible à cause de l'appauvrissement des matières fissiles et de la production d'isotopes absorbeurs de neutrons, il devrait déterminer le biais et les incertitudes dans la prévision de l'inventaire isotopique et de la réactivité des assemblages de combustible irradié dans les colis, tel qu'expliqué à la section 6.8. L'importance de l'irradiation nécessaire, en ce qui a trait à la réactivité, pour charger le combustible dans les colis devrait être présentée en fonction de l'enrichissement initial et de toute restriction relative aux conditions durant l'irradiation. En outre, une mesure de vérification du taux de combustion final indépendante devrait être réalisée avant le chargement des assemblages de combustible irradié dans les colis en vue de l'expédition.

La section 10 CFR 71.83 de la réglementation américaine, *Assumptions as to Unknown Properties*, et le paragraphe 673 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1 exigent tous deux que, lorsque les paramètres de la matière fissile ne sont pas connus, l'on assigne à chaque paramètre non connu la valeur qui correspond à la multiplication maximale des neutrons.

En outre, le paragraphe 674 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1 exige que

69. les évaluations doivent reposer sur une composition isotopique dont il est prouvé qu'elle correspond à la multiplication maximale des neutrons tout au long de l'irradiation; et
70. avant une expédition, une mesure doit être effectuée pour confirmer que l'hypothèse concernant la composition isotopique est prudente.

Le demandeur devrait inclure des descriptions des expériences de référence effectuées pour établir le biais et les incertitudes associés à l'appauvrissement et au modèle de la criticité employé pour le combustible irradié dans les colis, les valeurs limites des

paramètres tout au long de l'irradiation, et il devrait décrire la méthode de mesure de vérification du taux de combustion.

## 6.4 Évaluation des colis considérés isolément

### 6.4.1 Configuration

Cette section devrait démontrer que, selon le 10 CFR 71.55(b) ou le paragraphe 677 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, il faut supposer que la configuration nominale d'un colis considéré isolément est sous-critique dans des conditions normales ou des conditions d'accident, soit la situation où la matière est la plus réactive des deux, en posant les hypothèses suivantes :

71. la matière fissile se trouve dans la configuration crédible la plus réactive, conformément à l'état du colis et à la forme chimique et physique du contenu;
72. la modération par l'eau associée à la configuration crédible la plus réactive, y compris l'infiltration d'eau dans l'enveloppe de confinement, tel que précisé dans le 10 CFR 71.55(b) ou au paragraphe 677 du TS-R-1;
73. il y a réflexion totale par l'eau sur tous les côtés de l'enveloppe de confinement, tel que précisé dans le 10 CFR 71.55(b)(3) ou au paragraphe 678 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, ou il y a réflexion par les matériaux constituant le colis, soit celle des deux qui présente la réactivité maximale.

Le 10 CFR 71.55(c) prévoit une exception au 10 CFR 71.55(b), lorsque le colis comporte des « caractéristiques spéciales » permettant de s'assurer qu'aucune erreur dans la configuration des colis considérés isolément ne permet les infiltrations d'eau.

Le paragraphe 677 du TS-R-1 autorise des approbations de routine des conceptions de colis sans supposer qu'il y ait infiltration d'eau, en autant que la conception comprenne des caractéristiques spéciales permettant d'éviter l'infiltration d'eau. Le paragraphe 677(a) définit les « caractéristiques spéciales » comme étant « des barrières étanches multiples de haute qualité ».

En raison de cette différence entre les deux réglementations, le présent guide n'examine pas les conceptions mentionnées au 71.55(c) ou au paragraphe 677(a) du TS-R-1. Par conséquent, dans le cas des colis considérés isolément, l'infiltration de l'eau doit être présumée être en tout temps présente à l'intérieur de l'enveloppe de confinement ou autour de celle-ci et de la matière fissile, soit la configuration la plus réactive des deux.

Selon le paragraphe 678 du TS-R-1, pour le « système d'isolement », il faut supposer une réflexion totale par au moins 20 cm d'eau ou toute autre réflexion plus grande qui pourrait être apportée complémentirement par les matériaux de l'emballage voisins. Le

« système d'isolement » comprend les composants du colis qui maintiennent la configuration géométrique des matières fissiles, en ce qui a trait à la sûreté-criticité, à l'intérieur du colis. En outre, 20 cm d'eau est considéré comme étant l'équivalent de la « réflexion totale » mentionné au 10 CFR 71.55(b)(3). Cependant, si une couche d'eau d'une épaisseur supérieure à 20 cm rend le système plus réactif, l'épaisseur d'eau plus importante sera utilisée comme faisant partie de la conception nominale.

En outre, cette section de la demande devrait également démontrer que, selon le 10 CFR 71.55(d) ou l'alinéa 679(b) du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, le colis doit être sous-critique lorsqu'il est assujéti à des conditions normales de transport.

De plus, cette section devrait également démontrer que, selon le 10 CFR 71.55(e) ou l'alinéa 679(c) du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, le contenu du colis doit être sous-critique lorsqu'il est assujéti aux conditions d'accident de transport.

#### **6.4.2 Résultats**

Cette section devrait présenter les résultats de l'évaluation des colis considérés isolément et devrait également examiner les spécifications additionnelles des paragraphes 10 CFR 71.55(d)(2) à (d)(4) ou du paragraphe 679 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, dans des conditions normales de transport.

Les résultats pour le cas le plus réactif de l'analyse des colis considérés isolément devraient être conformes aux renseignements présentés dans le tableau sommaire de la section 6.1.2. Lorsque le colis peut être considéré comme étant sous-critique par référence à une norme, la norme devrait être appliquée aux conditions du colis.

### **6.5 Évaluation des colis en nombre dans des conditions normales de transport**

#### **6.5.1 Configuration**

Cette section devrait évaluer, selon le 10 CFR 71.59(a)(1) ou le paragraphe 681 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, un agencement de 5N colis dans des conditions normales de transport. L'évaluation devrait examiner les conditions suivantes :

74. la configuration de l'agencement la plus réactive (espace entre les colis et orientation des colis) sans qu'il n'y ait rien entre les colis;
75. l'état des colis et de leur contenu considéré comme étant la configuration crédible la plus réactive dans des conditions normales de transport (si l'épreuve d'aspersion d'eau a démontré que l'eau ne s'infiltrera pas dans le colis, il n'est pas nécessaire de supposer qu'il y a infiltration d'eau dans ce cas);

76. la réflexion totale de l'eau par tous les côtés d'un agencement fini.

### **6.5.2 Résultats**

Cette section devrait présenter les résultats des analyses relatives aux agencements de colis, et préciser les conditions les plus réactives. Les résultats de l'analyse devraient être conformes à l'information présentée dans le tableau sommaire de la section 6.1.2.

La valeur de N appropriée devrait être utilisée pour déterminer l'indice de sûreté-criticité (ISC). La valeur de N appropriée devrait être la valeur la plus petite assurant la sous-criticité de 5N colis dans des conditions normales de transport, ou de 2N colis dans des conditions d'accident hypothétique, comme nous le verrons dans la section suivante.

## **6.6 Agencements de colis dans des conditions d'accident hypothétique**

### **6.6.1 Configuration**

Cette section devrait évaluer, en vertu du 10 CFR 71.59(a)(2) ou du paragraphe 682 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1, un agencement de 2N colis dans des conditions d'accident hypothétique.

L'évaluation devrait tenir compte des facteurs suivants :

77. la configuration la plus réactive de l'agencement (p. ex. le « pas » ou l'espace entre les colis, l'orientation des colis et la modération interne des neutrons);
78. la modération par un matériau hydrogénétique;
79. la configuration crédible la plus réactive du colis et de son contenu, dans des conditions d'accident hypothétique, y compris les infiltrations d'eau;
80. la réflexion totale de l'eau sur tous les côtés d'un agencement fini.

### **6.6.2 Résultats**

Cette section devrait présenter les résultats des analyses relatives aux agencements de colis, et identifier les conditions les plus réactives. Les résultats de l'analyse devraient être conformes aux renseignements présentés dans le tableau sommaire de la section 6.1.2.

La valeur de N appropriée devrait être utilisée pour déterminer l'indice de sûreté-criticité (ISC). La valeur de N appropriée devrait être la valeur la plus petite permettant d'assurer la sous-criticité de 5N colis dans des conditions normales de transport, ou de 2N colis dans des conditions d'accident hypothétique.

## 6.7 Colis contenant des matières fissiles transportés par voie aérienne

### 6.7.1 Configuration

Cette section devrait évaluer un colis considéré isolément dans des conditions d'accident élargies précisées au 10 CFR 71.55(f) ou au paragraphe 680 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 672 du TS-R-1. L'évaluation devrait tenir compte des facteurs suivants :

81. la configuration la plus réactive du contenu et du colis dans des conditions d'accident élargies;
82. la réflexion totale de l'eau;
83. aucune infiltration d'eau.

### 6.7.2 Résultats

Cette section devrait présenter les résultats des analyses pour des colis considérés isolément et identifier les conditions les plus réactives pour le contenu et le colis. Les résultats de l'analyse devraient être conformes aux renseignements présentés dans le tableau sommaire de la section 6.1.2.

## 6.8 Évaluations de référence

Cette section devrait comprendre une description des méthodes employées pour référencer les calculs de criticité. Les programmes informatiques utilisés pour les calculs de la criticité devraient être référencés par rapport à des expériences critiques. On devrait utiliser le même programme informatique, le même matériel, la même méthode de modélisation et la même bibliothèque des sections efficaces pour les expériences de référence que ceux utilisés pour calculer le facteur de multiplication effectif des colis. Cette section devrait présenter les résultats des calculs pour des expériences de référence critiques choisies afin de justifier la validité de la méthode de calcul et des valeurs de la section efficace d'absorption de neutrons utilisées dans l'analyse.

Le *International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments* [13] permet de bien choisir les expériences critiques applicables dans l'établissement de références dans les programmes informatiques et les sections efficaces utilisées pour concevoir les colis.

### 6.8.1 Applicabilité des expériences de référence

Cette section devrait décrire les expériences de référence critiques choisies qui ont été analysées à l'aide de la méthode et des sections efficaces mentionnées à la section 6.3. On devrait montrer l'applicabilité des références en rapport avec le colis et son contenu, en notant toutes les similitudes et en résolvant toutes les différences. Les expériences de référence devraient comporter, dans la mesure du possible, les mêmes matériaux, le

même spectre de neutron et la même configuration que pour les évaluations du colis. Les paramètres clés du colis qui devraient être comparés à ceux des expériences de référence comprennent le type de matière fissile, l'enrichissement, le rapport H/X (qui dépend largement de l'espace entre les barres et du diamètre des assemblages de combustible), l'empoisonnement, les matériaux réfléchissants et la configuration. On devrait fournir les références qui comprennent la documentation complète sur ces expériences. Des programmes informatiques, comme TSUNAMI (de l'anglais *Tools for Sensitivity and Uncertainty Methodology Implementation*) qui est un outil de sensibilité et de mise en œuvre des incertitudes mis au point par le Laboratoire national d'Oak Ridge pour le colis SCALE 5.1 [12], peuvent être utilisés pour évaluer les similitudes entre les colis, et les systèmes critiques à des fins de référence.

La qualité globale des expériences de référence et toute incertitude dans les données expérimentales devraient être examinées. Les incertitudes devraient être traitées de manière prudente. Les résultats des calculs de référence, ainsi que les paramètres d'entrée nucléaires et géométriques réels employés pour ces calculs devraient être fournis.

### 6.8.2 Détermination du biais

Cette section devrait présenter les résultats des calculs de référence ainsi que la méthode employée pour tenir compte du biais et des incertitudes dans les calculs (p. ex.  $\Delta k_u$  dans l'équation 6-2), ainsi que la contribution des incertitudes aux données expérimentales. Cette section devrait comporter un nombre suffisant d'expériences de référence appropriées et devrait également montrer que les résultats des calculs de référence étaient appropriés pour déterminer le biais dans les calculs relatifs au colis. Dans la recherche des biais, certains paramètres comme le diamètre pas/barre, l'espace séparant l'assemblage et les absorbeurs de neutrons devraient être examinés. Les incertitudes relatives aux statistiques et à la convergence devraient également être examinées. Seuls les biais négatifs (résultats qui entraînent une sous-prévision de  $k_{eff}$ ) devraient être examinés, les biais positifs étant considérés comme étant des biais nuls.

Lors de la quantification de  $\Delta k_u$  pour les programmes informatiques et les sections efficaces employés dans la conception des colis de combustible irradié (crédit pour la combustion), les biais et les incertitudes associés à la fois à l'appauvrissement et à la criticité dans les programmes informatiques devraient être inclus. En outre, le biais dû aux écarts axiaux et horizontaux de la combustion à l'intérieur d'un assemblage de combustible irradié devrait être examiné. En outre, les effets des antécédents en matière d'exploitation du réacteur sur la réactivité des assemblages de combustible irradié déchargés du cœur devraient être examinés.

## 6.9 Annexe

L'annexe devrait comprendre une liste des références, les pages applicables des documents mentionnés en référence, la justification des hypothèses ou des procédures d'analyse, les résultats des essais, les photographies, les descriptions des programmes informatiques, les fichiers d'entrée et de sortie et d'autres renseignements additionnels.

Les fichiers d'entrée relatifs aux cas représentatifs ou « les plus limitatifs » pour un colis considéré isolément ou un agencement de colis endommagés et non endommagés devraient être inclus.

## 7.0 MODE D'EMPLOI DE L'EMBALLAGE

Cette section de la demande devrait décrire le mode d'emploi, tel qu'exigé par le 10 CFR 71, (71.31(c), 71.35(c), 71.43(g), 71.47(b) à (d), 71.87, 71.89) et l'alinéa 807(d) du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 7(1)(a) du RETSN, relatif au chargement du colis et à sa préparation en vue du transport, en présentant les étapes séquentielles dans l'ordre réel où elles seront effectuées. Le mode d'emploi devrait décrire les étapes fondamentales requises pour s'assurer que le colis est préparé adéquatement en vue du transport, conformément à l'évaluation du colis aux chapitres 2 à 6 de la demande. Les exigences réglementaires à respecter concernant le mode d'emploi du colis sont le 10 CFR 71.87 et le paragraphe 502 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN.

Le colis devrait être utilisé conformément à des procédures écrites détaillées qui sont fondées sur le mode d'emploi décrit dans la présente section de la demande et qui s'y conforment. Le mode d'emploi du colis devrait permettre de maintenir les expositions au rayonnement en milieu de travail au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA), tel que requis par la section *Standards for Protection Against Radiation* du 10 CFR 20.1101(b) ou par le paragraphe 302 du TS-R-1.

Le mode d'emploi du colis présenté dans la demande ne devrait pas être constitué de procédures détaillées qui seraient mises en œuvre telles quelles. Le mode d'emploi du colis devrait plutôt ressembler à un aperçu qui porte essentiellement sur les étapes importantes pour s'assurer que le colis est utilisé de manière conforme à son évaluation en vue de l'approbation. La conformité au mode d'emploi du colis présenté dans la demande sera incluse à titre de condition d'approbation dans le certificat d'homologation. Les procédures détaillées qui ne sont pas importantes sur le plan de la sûreté n'ont pas à être incluses dans la demande. Les étapes relatives au mode d'emploi devraient normalement être présentées en ordre séquentiel, suivant le cas. Une orientation sur la préparation des procédures détaillées et du mode d'emploi du colis compris dans la demande peut être consultée dans le NUREG/CR-4775, *Guide for Preparing Operating Procedures for Shipping Packages* [24].

## 7.1 Chargement du colis

Cette section devrait décrire la préparation, les épreuves et les inspections du colis se rapportant au chargement, y compris les inspections effectuées avant le chargement du colis afin de déterminer si le colis n'est pas endommagé, et si l'intensité du rayonnement et la contamination de surface respectent les limites admissibles présentées dans la réglementation.

### 7.1.1 Préparation en vue du chargement

Les opérations relatives à la préparation du colis en vue du chargement devraient permettre à tout le moins, de s'assurer que :

84. le colis est chargé et fermé conformément aux instructions écrites;
85. le contenu est autorisé par le certificat d'homologation, incluant l'utilisation d'un conteneur ou d'une enveloppe de confinement secondaire, suivant le cas;
86. l'emploi du colis est conforme aux conditions d'approbation dans le certificat d'homologation, y compris la vérification que le colis respecte la conception mentionnée dans l'approbation et que l'entretien requis a été effectué;
87. le colis est dans un état physique intact;
88. dans le cas d'un envoi de matière fissile, tout contrôle ou toute précaution spéciale pour le transport, le chargement, le déchargement et la manutention, ainsi que toute mesure appropriée en cas d'accident ou de retard sont fournis au transporteur ou au destinataire;
89. toute précaution spéciale ou tout contrôle proposé pour la manutention du colis est fourni;
90. tout modérateur ou tout absorbeur de neutron est présent et en bon état, en conformité totale avec la conception de colis approuvée;
91. le colis est étiqueté adéquatement.

En outre, les opérations devraient décrire l'inspection des joints, les critères de remplacement et les processus de réparation, s'il y a lieu, ainsi que l'inspection de chaque mécanisme de fermeture et les critères de remplacement.

### 7.1.2 Chargement du contenu

Au minimum, les opérations de chargement du contenu devraient décrire comment le contenu est chargé et comment le colis est fermé. Les opérations de chargement devraient permettre de s'assurer que :

92. tout équipement de manutention spécial requis pour le chargement et le déchargement est fourni;
93. toute précaution spéciale ou tout contrôle proposé pour le chargement et la manutention du colis est fourni;
94. tout modérateur ou tout absorbeur de neutron, s'il est spécifié, est présent et en bon état;
95. le colis a été chargé et fermé de manière appropriée, conformément aux séquences du couple de serrage et de serrement des boulons;
96. s'il y a lieu, les méthodes de drainage et d'assèchement du colis sont décrites, l'efficacité des méthodes proposées est examinée et les critères d'assèchement sous vide sont spécifiés;

97. dans le cas des colis transportant du combustible irradié, les précautions spéciales et les contrôles concernant le combustible endommagé sont fournis;
98. chaque mécanisme de fermeture du colis, y compris les joints spécifiés, est installé adéquatement, bien maintenu en place et exempt de défaut.

Dans le cas des colis transportant du combustible nucléaire irradié, lorsque le demandeur a conçu le système de contrôle de la criticité du colis d'après la réactivité réduite des assemblages de combustible nucléaire irradié en raison de la combustion, une description des étapes de mesure pour vérifier indépendamment le taux de combustion du combustible nucléaire irradié devrait être fourni dans cette section. La description devrait comprendre la technique de mesure, le type de dispositif, les paramètres mesurés, le nombre de mesures et le critère de la marge d'erreur acceptable relative aux dispositifs de mesure.

### **7.1.3 Préparation en vue du transport**

Les opérations de préparation du colis en vue du transport devraient tenir compte des contrôles du rayonnement et de la contamination du colis, des épreuves d'étanchéité du colis, des mesures de la température de surface du colis, de l'arrimage, et de l'application de dispositifs inviolables et du marquage et de l'étiquetage appropriés. Au minimum, la préparation en vue du transport devrait comprendre les opérations suivantes :

99. le niveau de contamination radioactive non fixée (enlevable) sur les surfaces externes de chaque colis destiné à l'expédition respecte le niveau ALARA, et se situe à l'intérieur des limites précisées dans la réglementation Américaine du DOT, soit le 49 CFR 173.443, ou le paragraphe 508 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN;
100. les exigences relatives au contrôle du rayonnement sur l'extérieur du colis sont décrites afin de s'assurer que les limites précisées dans le 10 CFR 71.47 ou le paragraphe 531 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN et le paragraphe 572 du TS-R-1 qui est référencé à la section 15(5) du RETSN sont respectées;
101. La température de l'extérieur du colis est à l'intérieur des limites spécifiées dans le 10 CFR 71.43(g) ou aux paragraphes 617, 652 et 662 du TS-R-1 tels qu'incorporés à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1;
102. Pour les colis de type B pour des matériaux radioactifs qui ne sont pas sous forme spéciale, les épreuves d'étanchéité du colis respectent les exigences de l'épreuve d'étanchéité pour la vérification de l'assemblage précisée dans les normes ANSI N14.5 ou ISO 12807. Ce test est non quantitatif et est utilisé afin de démontrer qu'aucune fuite n'est présente à un niveau spécifique de sensibilité.
103. un dispositif inviolable est intégré et indique que le colis n'a pas été ouvert par des personnes non autorisées lorsqu'il est intact;

104. tout système servant à contenir du liquide est adéquatement scellé et possède un espace adéquat destiné à accueillir l'expansion du liquide, ou un autre dispositif spécifié;
105. une vérification est faite pour s'assurer que les dispositifs de décompression fonctionnent bien et qu'ils sont bien installés;
106. tout élément de structure du colis qui pourrait être utilisé pour lever ou pour arrimer le colis durant le transport est rendu inutilisable à cette fin, à moins qu'il ne respecte les exigences de conception relatives au levage ou à l'arrimage du colis, tel que requis par le 10 CFR 71.45 ou le paragraphe 608 du TS-R-1 tel qu'incorporé à la section 1(1) du RETSN par référence au paragraphe 650 du TS-R-1.
107. tout contrôle ou toute précaution spéciale proposée en vue du transport, ou de la manutention, ou tout contrôle spécial proposé en cas d'accident ou de retard est précisé;
108. le marquage et l'étiquetage du colis est effectué conformément au 49 CFR 172.310 et 172.403 ou aux paragraphes 535 à 540 et 542 à 546 du TS-R-1 qui sont référencés à la section 16(4) du RETSN;
109. des instructions écrites sont fournies au transporteur dans le cas des colis qui doivent être transportés sous utilisation exclusive, en raison de l'intensité du rayonnement externe;
110. avant la livraison d'un colis à un transporteur en vue du transport, le titulaire de permis envoi ou met à la disposition du destinataire toutes les instructions spéciales requises pour ouvrir le colis en toute sûreté.

## 7.2 Déchargement du colis

Cette section devrait comprendre les inspections, les essais et les préparations spéciales du colis en vue du déchargement. S'il y a lieu, cette section devrait également décrire les opérations permettant d'assurer l'évacuation sûre des gaz de fission, du caloporteur contaminé et des contaminants solides.

### 7.2.1 Réception des colis amenés par le transporteur

La procédure de réception du colis devrait comprendre des contrôles du rayonnement et de la contamination, ainsi que des inspections du mécanisme inviolable. Cette section devrait également décrire tout contrôle ou toute précaution spéciale proposée pour manipuler et décharger les colis.

La réglementation américaine exige du destinataire qu'il effectue un contrôle du rayonnement et de la contamination des colis, conformément au 10 CFR 20.1906, *Procedures for Receiving and Opening Packages*. Le paragraphe 21(3) du *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires* (RETSN) exige que le destinataire s'assure que le colis n'est pas endommagé, qu'il ne porte aucune trace d'altération, qu'aucune partie de la matière fissile ne se trouve à l'extérieur du système d'isolement, et qu'aucune partie du contenu ne se trouve à l'extérieur de l'enveloppe de

confinement. (Le règlement RETSN peut être consulté à l'adresse suivante : <http://www.nuclearsafety.gc.ca/fr/resource/regulations> )

Les opérations devraient être présentées de manière séquentielle dans l'ordre où les étapes seront suivies pour la réception du colis amené par le transporteur. Au minimum, les opérations de réception devraient permettre de s'assurer que :

111. les exigences du 10 CFR 20.1906 ou du RETSN, paragraphe 21(3), sont respectées;
112. le colis est examiné afin de déterminer s'il y a des dommages externes visibles;
113. les étapes permettant de définir les mesures à prendre lorsque le dispositif inviolable est brisé, ou que le niveau de contamination de surface ou l'intensité du rayonnement mesurée lors d'un contrôle est trop élevé, sont fournies;
114. une liste de tout l'équipement de manutention spéciale requis pour décharger et manipuler le colis est fournie;
115. Tous les contrôles et précautions spéciales proposées pour le déchargement et la manutention du colis sont fournis;
116. les procédures de contrôle des limites relatives à l'intensité du rayonnement au moment des opérations de déchargement sont fournies;
117. les procédures d'évacuation sûre des gaz de fission, des caloporteurs contaminés et des contaminants solides sont fournies, s'il y a lieu.

### **7.2.2 Retrait du contenu**

Cette section devrait décrire les opérations et méthodes appropriées pour ouvrir le colis et en retirer le contenu. Les opérations devraient être présentées de manière séquentielle dans l'ordre où elles seront réalisées pour enlever le contenu après réception du colis. Au minimum, les opérations devraient permettre de s'assurer que :

118. le dispositif de fermeture est enlevé de manière appropriée;
119. le contenu est retiré de manière appropriée;
120. une vérification est faite à l'effet que le contenu a été complètement enlevé.

## **7.3 Préparation pour le transport des emballages vides**

Cette section devrait décrire les inspections, les épreuves et les préparations spéciales qui sont requises pour s'assurer que l'emballage est vide, qu'il est fermé de manière sûre et que les intensités de rayonnement et de contamination respectent les limites admissibles. En outre, cette section devrait décrire les exigences appropriées du 49 CFR 173.428, *Empty Class 7 (Radioactive) Materials Packaging*, ou les exigences du paragraphe 520 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN.

Les opérations devraient permettre de s'assurer que :

121. l'emballage est vide;
122. les inspections et épreuves appropriées du colis sont réalisées avant le transport, afin de s'assurer que les exigences du 10 CFR 71.87(i) ou du paragraphe 508 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN sont respectées;
123. les préparations spéciales de l'emballage, visant à s'assurer que l'intérieur de l'emballage est décontaminé adéquatement et fermé conformément aux exigences du 49 CFR 173.428 ou du paragraphe 520 du TS-R-1, sont décrites.

#### **7.4 Autres opérations**

Cette section devrait comprendre les dispositions relatives aux contrôles opérationnels spéciaux (p. ex. trajet, conditions météorologiques, restrictions relatives à la durée de l'expédition, etc.).

#### **7.5 Annexe**

L'annexe devrait comprendre une liste des références, des pages applicables des documents mentionnés en référence, des descriptions détaillées et des analyses des procédés ou protocoles, des présentations graphiques, les résultats des essais et d'autres renseignements additionnels.

### **8.0 ÉPREUVES D'ACCEPTATION ET PROGRAMME D'ENTRETIEN**

Cette section de la demande devrait décrire les épreuves d'acceptation et le programme d'entretien, tel qu'exigé par l'alinéa 807(d) du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 7(1)(a) du RETSN, à appliquer pour le colis, conformément à la sous-partie G du 10 CFR 71 et au paragraphe 501 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN. Les épreuves d'acceptation et le programme d'entretien seront inclus dans le certificat d'homologation, sous forme d'une condition d'approbation.

#### **8.1 Épreuves d'acceptation**

Cette section devrait décrire les épreuves, telles que requises par le 10 CFR 71.85 et le paragraphe 501 du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN, qui doivent être réalisées avant la première utilisation de l'emballage. Chaque épreuve ainsi que ses critères d'acceptation devraient être décrits. Les épreuves d'acceptation devraient confirmer que chaque emballage est fabriqué conformément aux dessins mentionnés en référence dans l'approbation du colis. La spécificité de l'information fournie concernant les épreuves d'acceptation devrait être suffisamment détaillée pour vérifier le caractère adéquat du colis.

Le paragraphe 501 du TS-R-1 et le 10 CFR 71.85 contiennent des exigences légèrement différentes en ce qui a trait aux épreuves d'acceptation. Le 10 CFR 71.85 exige que l'on détermine qu'il n'y a aucune fissure, aucune piqûre, aucun vide non contrôlé ou aucun autre défaut qui pourrait réduire considérablement l'efficacité de l'emballage; par ailleurs, le paragraphe 501 stipule qu'il faut vérifier que l'efficacité du blindage et du confinement et, le cas échéant, que les propriétés thermiques et l'efficacité des systèmes d'isolement se situent dans les limites applicables ou spécifiées pour le modèle homologué. Si la pression nominale de l'enveloppe de confinement dépasse 35 kPa (manomètre), le paragraphe 501 exige que l'on s'assure que l'enveloppe de confinement de chaque emballage est conforme aux prescriptions relatives au modèle homologué, en ce qui a trait à la capacité de l'enveloppe à conserver son intégrité sous cette pression. Le 10 CFR 71.85 prescrit plus spécifiquement une épreuve applicable à l'enveloppe de confinement à une pression interne au moins 50 % supérieur à la pression d'utilisation normale maximale.

Les exigences réglementaires additionnelles du 10 CFR, partie 71 applicables aux épreuves d'acceptation comprennent notamment les exigences suivantes :

124. la demande doit identifier les codes, les normes et toutes dispositions spécifiques concernant le programme d'assurance de la qualité employé pour les épreuves d'acceptation de l'emballage (10 CFR 71.31(c) et 10 CFR 71.37(b));
125. avant la première utilisation, la fabrication de chaque emballage doit être vérifiée et l'on doit s'assurer qu'elle est conforme au modèle agréé (10 CFR 71.85(c))
126. avant la première utilisation, chaque emballage doit être marqué de façon bien lisible et durable et comporter le numéro de modèle, le numéro de série, le poids brut et le numéro d'identification de colis attribué par la NRC (10 CFR 71.85(c));
127. le titulaire de permis doit réaliser toute épreuve jugée appropriée par la NRC (10 CFR 71.93(b))
128. avant la première utilisation, s'il y a lieu, la quantité et la distribution des absorbeurs de neutrons et des substances modératrices doivent être vérifiées, de manière à s'assurer qu'elles respectent les spécifications nominales. (10 CFR 71.87(g)).

Des conseils additionnels relatifs aux épreuves d'acceptation figurent dans le NUREG/CR-3854, *Fabrication Criteria for Shipping Containers* [21].

### **8.1.1 Inspections visuelles et mesures**

Cette section devrait décrire les inspections visuelles à réaliser et l'objectif visé par chaque inspection. Les critères d'acceptation de chaque inspection, ainsi que les mesures à prendre en cas de non-conformité devraient être décrits. Les inspections devraient permettre de s'assurer que l'emballage a été fabriqué et assemblé conformément aux dessins, et que toutes les dimensions et tolérances spécifiées sur les dessins sont confirmées par des mesures.

### 8.1.2 Examen des soudures

Cette section devrait décrire les examens des soudures ayant permis de vérifier que la fabrication est conforme aux dessins, aux codes, et aux normes spécifiés dans la demande. L'emplacement, le type et la taille des soudures devraient être confirmés par des mesures. D'autres spécifications applicables au rendement des soudures, aux essais non destructifs et à l'acceptation devraient être identifiées.

Des conseils additionnels sur les critères relatifs aux soudures sont contenus dans le NUREG/CR-3019, *Recommended Welding Criteria for use in the Fabrication of Shipping Containers for Radioactive Materials* [27].

### 8.1.3 Épreuve structurale et épreuve de pression

Cette section devrait identifier et décrire les épreuves structurales et les épreuves de pression. Ces épreuves devraient être conformes au 10 CFR 71.85(b) et à l'alinéa 501(a) du TS-R-1 qui est référencé à la section 16(4) du RETSN (voir encadré de la section 8.1), ainsi qu'aux codes et normes applicables qui sont spécifiés. La sensibilité des épreuves et les mesures prises dans les cas où les critères prescrits ne sont pas respectés, devraient être spécifiés. Les épreuves structurales des anneaux de levage devraient être réalisées conformément aux normes NUREG-0612, *Control of Heavy Loads at Nuclear Power Plants* [18] et ANSI N14.6, *Special Lifting Devices for Shipping Containers Weighing 10,000 Pounds (4500kg) or More* [3], ou à d'autres spécifications appropriées.

### 8.1.4 Épreuves d'étanchéité

Cette section devrait décrire les épreuves d'étanchéité à réaliser pour la cuve de confinement, ainsi que pour l'équipement auxiliaire. Les épreuves d'étanchéité devraient être réalisées conformément aux normes ANSI N14.5 [1] ou ISO 12807 [11]. Le critère d'étanchéité acceptable devrait être conforme à celui précisé au chapitre 4. La sensibilité des épreuves devrait être précisée, y compris les fondements de cette valeur, les critères d'acceptation et les mesures à prendre lorsque les critères ne sont pas respectés. Les méthodes relatives aux épreuves d'étanchéité de tous les joints de confinement et de toutes les ouvertures, y compris les drains et les ouvertures d'aération devraient être décrites. Le taux de fuite maximal admissible et la sensibilité minimale de l'épreuve devraient être précisés pour chaque type d'essai (fabrication, entretien, périodique et avant l'expédition).

### 8.1.5 Épreuves relatives aux composants et aux matériaux

Cette section devrait préciser les épreuves appropriées et les critères d'acceptation concernant les composants qui ont une incidence sur la performance de l'emballage. En outre, on devrait préciser la sensibilité des essais, s'il y a lieu, indiquer les critères d'acceptation et décrire les mesures à prendre lorsque ces critères ne sont pas respectés. Les procédures applicables d'assurance de la qualité devraient être décrites afin de

justifier que les composants mis à l'essai sont équivalents aux composants qui seront utilisés dans l'emballage.

Cette section devrait également spécifier les épreuves appropriées et les critères d'acceptation concernant les matériaux d'emballage. Les épreuves devraient viser les composants, comme les joints, soumis à des conditions qui simulent les conditions d'utilisation les plus intensives auxquelles ils seront soumis, y compris le rendement sous pression et à des températures élevées ou basses. Les épreuves visant les absorbeurs de neutrons (p. ex. bore) et les matériaux isolants (p. ex. mousses, panneaux de fibres) devraient permettre de s'assurer que des spécifications minimales en matière de masse volumique et de teneur isotopique sont respectées. En outre, les épreuves devraient démontrer la capacité des matériaux à respecter les spécifications de rendement illustrées sur les dessins techniques.

### **8.1.6 Épreuves de blindage**

Cette section devrait spécifier les épreuves de blindage appropriées contre les neutrons et le rayonnement gamma. Ces épreuves et critères d'acceptation devraient être suffisants pour s'assurer qu'aucun défaut, vide, ou voie de canalisation n'existe dans le blindage.

### **8.1.7 Épreuves thermiques**

Cette section devrait spécifier les épreuves appropriées ayant pour but de démontrer la capacité de transfert de chaleur de l'emballage. Ces épreuves devraient confirmer que le transfert de chaleur déterminé dans l'évaluation thermique (chapitre 3 de la demande) est respecté dans le procédé de fabrication.

### **8.1.8 Épreuves diverses**

Cette section devrait décrire toute épreuve additionnelle à réaliser avant l'emploi du colis.

## **8.2 Programme d'entretien**

Cette section devrait décrire le programme d'entretien utilisé pour assurer le rendement continue de l'emballage, tel que requis par l'alinéa 310(b) du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 13(a) du RETSN et l'alinéa 807(d) du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 7(1)a) du RETSN. Ce programme devrait comprendre les épreuves périodiques, les inspections et les échéanciers de remplacement, ainsi que les critères de remplacement et de réparation des composants et des sous-systèmes au besoin. Les renseignements fournis concernant le programme d'entretien devraient être suffisamment détaillés pour démontrer que le rendement de l'emballage ne diminuera pas pendant sa durée de vie en service. La spécificité de l'information devrait être conforme à l'importance de l'entretien visant à assurer ce rendement continue.

Les exigences réglementaires du 10 CFR, partie 71 applicables au programme d'entretien comprennent notamment les éléments suivants :

129. La demande devrait identifier les codes, normes et dispositions spécifiques du programme d'assurance de la qualité employés pour le programme d'entretien du colis (10 CFR 71.31(c) et 10 CFR 71.37(b)) ;
130. L'emballage doit être maintenu dans un état physique intact, sauf pour ce qui est des défauts superficiels, comme les marques ou les bosses (10 CFR 71.87(b)) ;
131. La présence de toute substance modératrice ou d'un absorbeur de neutron, s'il y a lieu, dans un emballage contenant des matières fissiles, doit être vérifiée avant chaque expédition (10 CFR 71.87(g)) ;
132. Le titulaire de permis doit effectuer toute épreuve jugée appropriée par la NRC (10 CFR 71.93(b)).

### **8.2.1 Épreuve structurale et épreuve de pression**

Cette section devrait identifier et décrire toute épreuve périodique structurale ou épreuve de pression. Ces épreuves devraient être conformes au 10 CFR 71.85(b), ainsi qu'aux codes, normes ou autres procédures applicables spécifiés dans la demande. Les épreuves structurales périodiques des anneaux de levage devraient être réalisées conformément aux normes NUREG-0612 [18], ou ANSI N14.6 [3], ou à toute autre spécification appropriée.

### **8.2.2 Épreuves d'étanchéité**

Cette section devrait décrire les épreuves à réaliser, la fréquence à laquelle ces épreuves doivent être réalisées et la sensibilité de chacune. Pour la plupart des systèmes, cette description devrait comprendre une épreuve du colis avant chaque expédition, ainsi que chaque année. Les épreuves d'étanchéité devraient être conformes aux normes ANSI N14.5 [1] ou ISO 12807 [11]. Le critère de fuite acceptable devrait être conforme à celui indiqué à la section 4. De façon générale, cette section devrait spécifier que les joints en élastomère devraient être remplacés et que des épreuves d'étanchéité devraient être réalisées dans les douze mois précédant l'expédition, et que les joints métalliques devraient également être remplacés et mis à l'essai avant chaque expédition.

### **8.2.3 Épreuves relatives aux composants et aux matériaux**

Cette section devrait décrire les essais périodiques et les échéanciers de remplacement des composants. Les épreuves appropriées ainsi que leurs critères d'acceptation visant à assurer l'efficacité du colis lors de chaque expédition devraient être spécifiés. Tout procédé qui pourrait donner lieu à une détérioration des matériaux constituant le colis, y compris la perte d'absorbeur de neutrons, la diminution de la teneur en hydrogène des écrans de blindage et les changements de masse volumique des matériaux isolants devrait être examiné. L'intervalle de remplacement pour les composants, comme les boulons, qui sont sujets à la fatigue devrait être spécifié.

### **8.2.4 Épreuves thermiques**

Cette section devrait décrire les épreuves périodiques réalisées pour assurer la capacité de transfert de chaleur pendant la durée de vie en service de l'emballage. Cette section devrait décrire les épreuves thermiques périodiques, semblables aux épreuves d'acceptation examinées à la section 8.1.7, ainsi que l'intervalle entre les essais, qui est habituellement de 5 ans.

### **8.2.5 Épreuves diverses**

Toute épreuve additionnelle à réaliser périodiquement pour l'emballage ou ses composants devrait être décrite.

## **8.3 Annexe**

L'annexe devrait comprendre une liste des références, les pages applicables dans les documents mentionnés en référence, les données d'essai et les rapports, ainsi que toute autre information additionnelle appropriée.

## **9.0 ASSURANCE DE LA QUALITÉ**

Dans cette section, le demandeur devrait décrire le programme d'assurance de la qualité (AQ), tel que requis par le paragraphe 310 du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 13a) du RETSN ou par le 10 CFR 71.37. Le demandeur devrait démontrer que des programmes efficaces et adéquats d'assurance de la qualité sont spécifiés et établis pour traiter ces aspects de la conception, de la fabrication, des épreuves, de la documentation, de l'emploi, de l'entretien et de l'inspection des colis, ainsi que du transport, du stockage en transit pour lesquels le demandeur est responsable.

La Collection Normes de sûreté n° 113 de l'AIEA [8] comprend une orientation sur les exigences minimales des programmes d'assurance de la qualité acceptables. Pour les concepteurs de colis, les éléments de programme suivants sont requis :

- 133. programmes d'AQ
- 134. organisation
- 135. contrôle des documents
- 136. contrôle de la conception
- 137. contrôle de l'approvisionnement
- 138. contrôle de la non-conformité
- 139. mesures correctrices
- 140. dossiers
- 141. personnel et formation

142. vérifications.

Les emballages homologués originalement au Canada doivent respecter les exigences de la CCSN en matière d'AQ décrites ci-après, alors que les emballages homologués à l'origine aux États-Unis doivent respecter les exigences de la NRC en matière d'AQ.

Les demandes de validation devraient mentionner en référence le programme d'AQ applicable approuvé dans l'homologation originale. Des renseignements additionnels pourraient être requis afin de déterminer si le programme d'AQ mentionné en référence est suffisant pour la validation de l'emballage.

## 9.1 Exigences relatives au programme d'AQ américain

Dans le cas des colis américains, la réglementation de la NRC exige qu'avant la conception, la fabrication, les épreuves, la modification ou l'emploi d'un colis, le demandeur obtienne une approbation de la NRC relativement à son programme d'assurance de la qualité. Le demandeur doit fournir une description de son programme d'assurance de la qualité, y compris un examen des exigences du 10 CFR 71, sous-partie H applicable et indiquer comment elles sont respectées. Un programme d'assurance de la qualité approuvé antérieurement qui respecte les critères applicables est acceptable. Un programme d'assurance de la qualité approuvé par la NRC en vertu de l'annexe B, *Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants* du 10 CFR, partie 50, *Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities*, ou de la sous-partie G de la partie 72, *Quality Assurance* est équivalent à un programme d'assurance de qualité approuvé par le personnel en vertu du 10 CFR, partie 71. La NRC approuve également l'utilisation de la norme ANSI/ASME NQA-1-1983, *Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Power Facilities* [4], à titre de norme qui, lorsqu'elle est appliquée adéquatement et complétée (au besoin) par d'autres documents pour respecter tous les critères applicables, devrait donner lieu à l'élaboration d'un programme d'AQ qui est acceptable pour le personnel de la NRC.

Les demandeurs devraient être conscients que la réglementation en matière d'AQ dans le 10 CFR, partie 71 comprend des exigences que d'autres normes pourraient ne pas posséder. En général, les programmes basés sur la norme NQA-1 [4], la Série Sécurité n° 113 [8] ou la norme ISO 9000:2005 *Quality Management Systems* [10] nécessiteront un complément afin de respecter la réglementation de la sous-partie H; la seule exception est la révision de la norme NQA-1, en 1983, que la NRC a reconnue dans sa totalité. Sans complément, la NRC peut exiger que l'utilisateur du programme d'AQ présente des renseignements additionnels concernant la manière dont la réglementation de la sous-partie H applicable sera respectée.

La sous-partie H du CFR, partie 71 précise les exigences d'AQ qui s'appliquent à la conception, à l'achat, à la fabrication, à la manutention, à l'expédition, au stockage, au nettoyage, à l'assemblage, à l'inspection, aux essais, à l'emploi, à l'entretien, aux réparations et à la modification des composants du colis qui sont importants sur le plan de

la sûreté. Pour respecter ces exigences, les titulaires de permis devraient contrôler la qualité de chacune des activités précitées en suivant une démarche par étape; c'est-à-dire que l'effort fait en matière d'AQ que le titulaire de permis consacre à une activité devrait être représentatif de l'importance des structures, systèmes et composants connexes sur le plan de la sûreté. Les structures, systèmes et composants importants sur le plan de la sûreté sont les caractéristiques des colis du type B ou des colis contenant des matières fissiles qui ont pour but de :

143. maintenir l'état du contenu du colis pour assurer un transport sûr
144. éviter les dommages causés au colis durant le transport, ou
145. donner une assurance raisonnable à l'effet que le contenu radioactif peut être reçu, manipulé, transporté et récupéré sans qu'il y ait de risque déraisonnable pour la santé et la sécurité du public ou de l'environnement.

La norme NUREG/CR-6407, *Classification of Transportation Packaging and Dry Spent Fuel Storage System Components According to Importance to Safety* [16], comprend une démarche par étape pour la classification des composants utilisés dans les colis de transport, selon leur importance sur le plan de la sûreté.

Dans le cas des colis américains, la description du programme d'AQ devrait comprendre les éléments suivants, selon la sous-partie H du 10 CFR partie 71 :

146. organisation de l'assurance de la qualité
147. programme d'assurance de la qualité
148. contrôle de la conception de l'emballage
149. contrôle des documents d'approvisionnement
150. instructions, procédures et dessins
151. contrôle de la documentation
152. contrôle du matériel, de l'équipement et des services achetés
153. identification et contrôle des matériaux, des pièces et des composants
154. contrôle des procédés spéciaux
155. inspection interne
156. contrôle des essais
157. contrôle de l'équipement de mesure et de l'équipement d'essai
158. contrôle de la manutention, du stockage et de l'expédition
159. inspection, essai et état de l'emploi
160. matériaux, pièces ou composants non conformes
161. mesures correctrices
162. registres d'assurance de la qualité

163. vérifications

## **9.2 Exigences relatives au programme canadien d'assurance de la qualité (AQ)**

Dans le cas des colis canadiens, le demandeur devrait inclure un exemplaire du programme d'assurance de la qualité qui respecte les exigences du paragraphe 310 du TS-R-1 qui est référencé au paragraphe 13a) du RETSN. Les exigences de l'ISO (Organisation internationale de normalisation), de la Série Sécurité n° 113 de l'AIEA, ou des normes CSA (Association canadienne de normalisation), peuvent être suivies dans l'établissement du programme. Un programme d'assurance de la qualité approuvé antérieurement et qui respecte les critères applicables est acceptable.

## GLOSSAIRE

**AIEA**

Agence internationale de l'énergie atomique

**ALARA**

Acronyme pour l'expression « As Low as Reasonably Achievable », le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre

**Analyse Monte-Carlo**

Méthode utilisant des algorithmes de calcul pour simuler le comportement de divers systèmes physiques et mathématiques, à partir de nombres aléatoires.

**ANS**

American Nuclear Society

**ANSI**

American National Standards Institute

**AQ**

Assurance de la qualité

**ASME**

American Society of Mechanical Engineers

**Bq**

Becquerel

**CCSN**

Commission canadienne de sûreté nucléaire

**CFR**

Code of Federal Regulations des États-Unis

**Ci**

Curie

**Coefficient de Poisson**

Rapport entre les déformations transversale et longitudinale d'un spécimen soumis à une contraction axiale en phase élastique. La valeur du coefficient de Poisson est nécessaire pour l'analyse structurale.

**Combustion nucléaire**

Transformation des atomes induite dans un réacteur nucléaire.

**Combustible nucléaire irradié (CNI)**

Combustible de réacteur nucléaire irradié au point où il ne peut plus soutenir une réaction en chaîne parce que les isotopes fissionnables qu'il contient ont été partiellement détruits par la réaction, et que des poisons issus de la fission s'y sont accumulés.

**CSA**

Association canadienne de normalisation

**DOT**

Department of Transportation des États-Unis

**Flambage**

Déformation courbe d'un mur trop mince, d'une longue pièce de charpente ou d'un poteau de trop faible section, lorsqu'ils sont soumis à une charge longitudinale excessive, ou dont l'application est décentrée, où la charge en question est inférieure à la charge longitudinale ultime que le matériau est capable de supporter.

**GWj**

Gigawatt-jour

**H/X**

Rapport atomique hydrogène-matière fissile

**Impact secondaire**

Deuxième choc subi par un colis, consécutif à premier impact sur un coin ou une arête.

**Indice de sûreté-criticité (ISC)**

Valeur attribuée à un colis, un suremballage ou un conteneur de transport contenant des matières fissiles et qui limite l'accumulation de ces colis, suremballages ou conteneurs.

**ISO**

Organisation internationale de normalisation

 **$k_{\text{eff}}$** 

facteur de multiplication effectif des neutrons

**kPa**

Kilopascals

**Matière fissile**

Se dit de l'uranium 233, l'uranium 235, le plutonium 239, le plutonium 241, ou de toute combinaison de ces radionucléides, à l'exception de :

- l'uranium naturel ou appauvri qui n'a pas été irradié,
- l'uranium naturel ou appauvri qui n'a été irradié que dans des réacteurs thermiques.

**MeV**

Megaélectronvolts

**mrem**

Millirem

**MRFD**

Matières radioactives à faible dispersion

**MTU**

Tonne métrique d'uranium

**NRC**

Nuclear Regulatory Commission des États-Unis

**OACI**

Organisation de l'aviation civile internationale

**Pyrophoricité**

Propriété d'une matière qui s'enflamme spontanément au contact de l'air, sous l'effet d'un choc ou par frottement.

**REB**

Réacteur à eau bouillante

**REP**

Réacteur à eau sous pression

**RETSN**

Règlement sur l'emballage et de transport des substances nucléaires

**Sv**

Seivert

**SI**

Système international d'unités

**TBq**

Terabecquerel

**Technique des noyaux ponctuels**

Technique fondée sur une solution analytique de source ponctuelle, dans laquelle le flux non atténué pour toute distance  $r$  de la source est proportionnel au débit de la source divisé par  $4\pi r^2$ . Les atténuations sont approximées par des coefficients d'atténuation prédéfinis et des facteurs d'accumulation.

**TS-R-1**

Norme de sûreté de l'AIEA, *Règlement de transport des matières radioactives*, No. TS-R-1, Édition de 1996 (Revisée). Vienne, 2000



## RÉFÉRENCES

1. American National Standards Institute, *American National Standard for Radioactive Materials-Leakage Tests on Packages for Shipment*. ANSI N14.5-1997. New York, 1997.
2. - - -. *Characterizing Damaged Spent Nuclear Fuel for the Purpose of Storage and Transport*. ANSI N14.33-2005. New York, 2005.
3. - - -. *Special Lifting Devices for Shipping Containers Weighing 10000 Pounds (4500 kg) or More*. ANSI N14.6-1993. New York, 1980.
4. American National Standards Institute, American Society of Mechanical Engineers. *Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Power Facilities*. ANSI/ASME NQA-1-1983. New York, 1983.
5. American Nuclear Society. *American National Standard for Neutron and Gamma-Ray Flux to Dose Factors*. ANSI/ANS 6.1.1. La Grange Park, Illinois, 1977.
6. American Society of Mechanical Engineers. *Boiler and Pressure Vessel Code Section III-Rules for Construction of Nuclear Facility Components-Div 3 Containments for Transportation & Storage of Spent Nuclear Fuel & High Level Radioactive Materials & Waste*. BPVC-III-3-2007. New York, 2007.
7. Gouvernement du Canada; *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires*. Gazette du Canada, Partie II, Vol. 134, N°.13. Ottawa, 2000.
8. Agence internationale de l'énergie atomique. *Quality Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material*, Collection Sécurité No. 113. Vienne, 1994.
9. - - Norme de sûreté de l'AIEA, *Règlement de transport des matières radioactives*, No. TS-R-1, Édition de 1996 (Revisée). Vienne, 2000.
10. International Organization for Standardization. *Quality Management Systems*. ISO 9000 :2005. Third Edition. Geneva, 2005.
11. - - -. *Safe Transport of Radioactive Material - Leakage Testing of Packages*. ISO 12807 :1996(E). Geneva, 1996.
12. Oak Ridge National Laboratory. *Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation (SCALE), Tools for Sensitivity and Uncertainty Methodology Implementation (TSUNAMI)*. Revision 5.1. December, 2005.
13. Organization for Economic Cooperation and Development. *International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments*. NEA/NSC/DOC (95)03, Vols. I-VIII, OECD. September, 2005.

14. United Nations, United Nations Economic and Social Committee. *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations, Volumes I and II*. 13th Revised Edition. Geneva, 2003.
15. United States Nuclear Regulatory Commission. *Averaging of Radiation Levels Over the Detector Probe Area, HPPOS-13, in Health Physics Positions Data Base*. NUREG/CR-5569, Rev. 1, 1992.
16. - - -. *Classification of Transportation Packaging and Dry Spent Fuel Storage System Components According to Importance to Safety*. NUREG/CR-6407. Washington, DC, 1996.
17. - - -. *Containment Analysis for Type B Packages Used to Transport Various Contents*. NUREG/CR-6487. 1996.
18. - - -. *Control of Heavy Loads at Nuclear Power Plants*. NUREG-0612. 1980.
19. - - -. *Design Criteria for the Structural Analysis of Shipping Cask Containment Vessels*. Regulatory Guide 7.6. 1978.
20. - - -. *Engineering Drawings for 10 CFR Part 71 Package Approvals*. NUREG/CR-5502. 1998.
21. - - -. *Fabrication Criteria for Shipping Containers*. NUREG/CR-3854. 1985.
22. - - -. *Fracture Toughness Criteria of Base Material for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Maximum Wall Thickness of 4 Inches (0.1 m)*. Regulatory Guide 7.11. 1991.
23. - - -. *Fracture Toughness Criteria of Base Material for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Maximum Wall Thickness of 4 Inches (0.1 m), But not Exceeding 12 inches (.3m)*. Regulatory Guide 7.12. 1991.
24. - - -. *Guide for Preparing Operating Procedures for Shipping Packages*. NUREG/CR-4775. December 1988.
25. - - -. *Load Combinations for the Structural Analysis of Shipping Casks for Radioactive Material*. Regulatory Guide 7.8. 1989.
26. - - -. *Packaging and Transportation of Radioactive Material*. Title 10, Part 71 of the Code of Federal Regulations, (10 CFR Part 71).
27. - - -. *Recommended Welding Criteria for Use in the Fabrication of Shipping Containers for Radioactive Materials*. NUREG/CR-3019. 1985.

## ANNEXE A

### CORRESPONDANCE ENTRE LE RETSN ET LE RÈGLEMENT TS-R-1 DE L'AIEA

Le tableau suivant démontre la correspondance entre le RETSN et les paragraphes du TS-R-1 qui sont référencés dans le document.

Section du Document RD-364	Section du RETSN correspondant au(x) paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)	Paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)
1.0	RETSN 1(4)	Section VI
	RETSN 16(1)(a)(viii)	816
	RETSN 16(1)(a)(viii)	817
1.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	681
1.2	RETSN 7(1)(a)	807
	RETSN 7(1)(a)	813
1.2.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	634
	Définition utilisée dans le Paragraphe 660 du TS-R-1 qui est inclus à la section (1) du RETSN par référence aux Paragraphes 665 and 667 du TS-R-1 et au paragraphe 7(1)(a) du RETSN par référence au Paragraphe 810 du TS-R-1	228
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	635
1.3	RETSN 7(1)(a)	807(h)
2.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	613
2.4	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	634
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	635
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	639
2.5.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	607
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	608
2.5.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	636
2.6	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	646
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(a)
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	719-724
2.6.3	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	643
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	619
2.6.4	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	615
2.6.5	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	612
2.6.8	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	722
2.6.9	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	723
2.7	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	726-729
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	664
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	727
2.7.4	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	728
2.7.5	RETSN 7(1)(a) par référence au Paragraphe 813 du TS-R-1	671
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	731-733
2.7.6	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	729

<b>Section du Document RD-364</b>	<b>Section du RETSN correspondant au(x) paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>	<b>Paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>
2.7.7	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 667 du TS-R-1	670
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	730
2.9	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	680
2.10	RETSN 1(1)	603
2.10	RETSN 1(1) par référence au Paragraphes 602-604 du TS-R-1	704-711
3.0	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	642
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	651
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	652
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	653
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	654
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	655
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	660
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	661
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	662
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	728
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	736
3.1.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	651
3.4.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	652
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	662
3.4.3	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	660
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	661
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	642
3.5	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	726-729
3.5.2	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	728
3.5.6	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	736
4.0	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	646
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	658
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	659
4.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	659
4.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(a)
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	646
4.3	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)
4.4	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656
5.0	RETSN 16(4)	526
	RETSN 16(4)	530
	RETSN 16(4)	531
	RETSN 16(4)	532
	RETSN 15(5)	572
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	645
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	646(b)
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)(ii)(i)

<b>Section du Document RD-364</b>	<b>Section du RETSN correspondant au(x) paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>	<b>Paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>
5.1.2, Table 5.1	RETSN 16(4)	530
	RETSN 16(4)	531
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)(ii)(i)
5.1.2, Table 5.2	RETSN 15(5)	572
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)(ii)(i)
5.3.1	RETSN 15(5)	572
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)(ii)(i)
	RETSN 16(4)	530
5.3.1	RETSN 16(4)	531
5.4.4	RETSN 16(4)	526
	RETSN 16(4)	530
	RETSN 16(4)	531
	RETSN 16(4)	532
	RETSN 15(5)	572
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	645
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	646 (b)
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	656(b)(ii)(i)
6.0	Paragraphe 671 : RETSN 7(1)(a) par référence au Paragraphe 813 du TS-R-1 Paragraphe 672 : RETSN 1(1) Paragraphs 673-682 : RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	671-682
	RETSN 16(4)	528
6.1	RETSN 7(1)(a)	807
	RETSN 7(1)(a)	813
6.1.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	677
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	678
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	679
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	681
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	682
6.1.3	RETSN 16(4)	528
6.2	RETSN 7(1)(a)	807
	RETSN 7(1)(a)	813
6.3.2	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	719-724
	RETSN 1(4) par référence au Paragraphe 716 du TS-R-1	726-729
6.3.5	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	673
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	674
6.4.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	677
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	678
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	679 (b)
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	679 (c)
6.4.2	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	679
6.5.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	681
6.6.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	682
6.7.1	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 672 du TS-R-1	680

<b>Section du Document RD-364</b>	<b>Section du RETSN correspondant au(x) paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>	<b>Paragraphe(s) du TS-R-1 référencé(s)</b>
7.0	RETSN 7(1)a)	807 (d)
	RETSN 16(4)	502
	Explication du principe « ALARA »	302
7.1.3	RETSN 16(4)	508
	RETSN 16(4)	531
	RETSN 15(5)	572
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	617
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	652
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	662
	RETSN 1(1) par référence au Paragraphe 650 du TS-R-1	608
	RETSN 16(4)	535-540
	RETSN 16(4)	542-546
7.3	RETSN 16(4)	520
	RETSN 16(4)	508
8.0	RETSN 7(1)(a)	807 (d)
	RETSN 16(4)	501
8.1	RETSN 16(4)	501
8.1.3	RETSN 16(4)	501 (a)
8.2	RETSN 13(a)	310 (b)
	RETSN 7(1)(a)	807 (d)
9.0	RETSN 13(a)	310
9.2	RETSN 13(a)	310