

## Guide technique

# Rapports de sûreté des modèles de colis destinés au transport de matières radioactives

Traduction IRSN octobre 2008

**En cas de contradiction entre les exigences stipulées dans le présent document et celles figurant dans le règlement TS-R-1 de l'AIEA <sup>[1]</sup>, le règlement TS-R-1 de l'AIEA prévaut.**

## AVANT-PROPOS

Le présent guide technique a été élaboré par les autorités compétentes chargées du transport de matières radioactives en Belgique, France, Allemagne, Espagne et au Royaume-Uni et leurs appuis techniques ainsi que par le World Nuclear Transport Institute (WNTI) et AREVA au titre de représentants de l'industrie. Il a été distribué aux États membres de l'UE comme avant-projet par le Groupe de travail permanent sur la sûreté du transport des matières radioactives (*Standing Working Group on Safe Transport of Radioactive Material*) de la Commission européenne..

Le Federal Office for Radiation Protection (Bureau fédéral de protection radiologique), Willy-Brandt-Strasse 5, 38226 Salzgitter, Allemagne, est chargé de superviser les mises à jour du présent document, dans sa version originale en langue anglaise.

Il est prévu que le présent guide technique soit utilisé au sein des États membres européens et que l'ensemble des autorités compétentes de l'Europe chargées du transport de matières radioactives autorise la publication du présent guide technique et le considère comme une référence pour satisfaire les exigences relatives au *modèle de colis*, conformément aux réglementations en vigueur applicables aux marchandises dangereuses.

### Notes de la traduction :

- En cas de doute se reporter à la version originale en langue anglaise.
- La forme conditionnelle a été utilisée tout au long du présent document dans les expressions « il faudrait que » ou « devrait » pour énoncer les méthodes recommandées et formulées dans la version anglaise originale notamment par « should ».

## TABLE DES MATIÈRES

<b>0</b>	<b>INTRODUCTION ET GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>4</b>
0.1	<i>Introduction.....</i>	4
0.2	<i>Objectif et portée.....</i>	4
0.3	<i>Définitions.....</i>	5
0.4	<i>Structure du présent document.....</i>	5
0.5	<i>Système d'unités.....</i>	6
0.6	<i>Contrôle de document.....</i>	6
<b>1</b>	<b>RAPPORT DE SÛRETÉ DU MODELE DE COLIS : PARTIE 1.....</b>	<b>8</b>
1.1	<i>Liste de contenus du PDSR.....</i>	8
1.2	<i>Informations administratives.....</i>	8
1.3	<i>Spécification relative aux contenus radioactifs.....</i>	8
1.4	<i>Spécification relative à l'emballage.....</i>	9
1.5	<i>Caractéristiques de performance du colis.....</i>	10
1.6	<i>Conformité avec les exigences réglementaires.....</i>	10
1.7	<i>Exploitation.....</i>	11
1.8	<i>Maintenance.....</i>	11
1.9	<i>Systèmes de management (de la qualité).....</i>	11
1.10	<i>Illustration du colis.....</i>	12
<b>2</b>	<b>RAPPORT DE SÛRETÉ DU MODELE DE COLIS : PARTIE 2.....</b>	<b>13</b>
2.1	<i>Dispositions communes à toutes les analyses techniques de la partie 2 du PDSR.....</i>	13
2.1.1	<i>Référence au modèle de colis.....</i>	13
2.1.2	<i>Critères d'acceptation et hypothèses de conception.....</i>	13
2.1.3	<i>Description et justification des méthodes d'analyse.....</i>	13
2.1.4	<i>Analyse du modèle de colis.....</i>	14
2.1.5	<i>Comparaison entre les critères d'acceptation et les résultats d'analyse.....</i>	14
2.2	<i>Analyses techniques.....</i>	15
2.2.1	<i>Analyse structurelle.....</i>	15
2.2.2	<i>Analyse thermique.....</i>	15
2.2.3	<i>Analyse de conception de confinement.....</i>	15
2.2.4	<i>Analyse des débits de dose externes.....</i>	16
2.2.5	<i>Analyse de sûreté-criticité.....</i>	16
<b>3</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure 1</b>	<b>Structure du Rapport de sûreté du modèle de colis.....</b>	<b>9</b>
<b>Tableau 1</b>	<b>Matrice des exigences réglementaires de l'AIEA et de l'ADR et type de colis.....</b>	<b>21</b>
<b>Annexe 1</b>	<i>Colis excepté</i>	
<b>Annexe 2</b>	<i>Colis industriel (type IP-1, type IP-2 et type IP-3)</i>	
<b>Annexe 3</b>	<i>Colis de type A</i>	
<b>Annexe 4</b>	<i>Colis de type B(U), de type B(M) et de type C</i>	
<b>Annexe 5</b>	<i>Exigences supplémentaires relatives aux colis contenant des matières fissiles</i>	
<b>Annexe 6</b>	<i>Exigences supplémentaires relatives aux colis contenant plus de 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium</i>	

## 0 INTRODUCTION ET GÉNÉRALITÉS

### 0.1 Introduction

Pour chaque *modèle de colis* destiné au transport de matières radioactives, il est nécessaire de démontrer la conformité avec les réglementations nationales et internationales, selon le cas. Pour les *modèles de colis* nécessitant l'agrément d'une autorité compétente, les documents justifiant la conformité avec les réglementations constituent la base de la demande d'agrément du *modèle de colis*. Ils sont généralement connus sous le nom de « Rapport de sûreté du modèle de colis » (ou Package Design safety report - PDSR). Pour les colis ne nécessitant pas l'agrément d'une autorité compétente, l'expéditeur doit pouvoir apporter les preuves de la conformité du *modèle de colis* avec toutes les exigences applicables. Pour ces *modèles de colis*, il est proposé d'adopter la même approche que celle employée pour les colis requérant l'agrément d'une autorité compétente, la portée et le contenu technique étant définis aux niveaux appropriés pour démontrer la conformité avec les exigences réglementaires. Dans ce qui suit, chaque document justifiant la conformité d'un *modèle de colis* avec toutes les exigences applicables sera qualifié de PDSR, indépendamment du type de colis.

### 0.2 Objectif et périmètre

L'objectif du présent document est de faciliter la préparation du PDSR pour démontrer la conformité d'un *modèle de colis* destiné au transport de matières radioactives avec les exigences réglementaires. Il présente les *modèles de colis* nécessitant l'agrément d'une autorité compétente (colis de type B(U), de type B(M), de type C et colis conçus pour contenir soit des matières fissiles non exceptées des exigences réglementaires qui s'appliquent aux matières fissiles, soit au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium). Le présent document concerne également les modèles de colis ne nécessitant pas l'agrément d'une autorité compétente (colis excepté, colis industriel (type IP-1, type IP-2, type IP-3), colis de type A).

Le présent document repose sur le règlement TS-R-1 de l'AIEA [1], sur lequel s'appuient les réglementations relatives au transport routier, ferroviaire, maritime, fluvial et aérien, à savoir ADR[2], RID[3], code IMDG[4], ADN[R][5] et ICAO[6] respectivement.

Le présent document ne se substitue pas à ces réglementations et ne limite pas non plus leur champ d'application, mais propose, pour chaque type de colis, une structure et un contenu minimum du PDSR pour permettre au requérant, dans le cas d'un *modèle de colis* soumis à l'agrément d'une autorité compétente, ou au concepteur et/ou utilisateur du colis, dans le cas d'un *modèle de colis* ne nécessitant pas l'agrément d'une autorité compétente, de démontrer la conformité avec les dispositions du règlement TS-R-1 et les réglementations modales qui s'appliquent au type de colis concerné.

En cas de contradiction entre le présent document et les réglementations, les exigences réglementaires s'appliquent.

Le présent document ne dispense pas le *concepteur* de toute analyse supplémentaire qui serait nécessaire et qui serait associée au *modèle de colis* spécifique concerné.

### **0.3 Définitions**

Les définitions figurant dans le règlement TS-R-1 de l'AIEA <sup>[1]</sup> s'appliquent à l'ensemble du présent document. Les définitions suivantes s'appliquent également :

#### ***Concepteur de colis***

Personne ou organisme qui est chargé de la *conception* du *colis* ; il faudrait que chaque *modèle de colis* n'ait qu'un *concepteur de colis*.

#### ***Document contrôlé***

Document qui est approuvé et conservé. Il devrait être signé et daté, et comporte une référence ainsi qu'une indication de l'état de révision. Le nombre de pages et d'annexes est mentionné. Les modifications apportées entre les révisions devraient être clairement indiquées.

#### ***Plan de concept***

Plan de concept contrôlé qui présente pour les composants de l'emballage, les paramètres géométriques ou autres qui ont un impact sur l'évaluation de la sûreté du *modèle de colis*.

Toutes les définitions (y compris celles figurant dans le règlement TS-R-1) sont identifiées en *italique* dans le présent document.

### **0.4 Structure du présent document**

Les chapitres 1 et 2 du présent document proposent une structure générique et les contenus d'un PDSR, à savoir les parties 1 et 2, s'appliquant à tous les types de *colis*. Cette structure est également présentée sur la figure 1. Les contenus sont décrits de manière détaillée de sorte à couvrir tous les aspects importants. Certains de ces aspects peuvent ne pas s'appliquer à un type de *colis* spécifique. Des informations détaillées sont disponibles en annexe.

Le chapitre 0 contient des exigences à prendre en compte pour les documents cités dans les chapitres 1 et 2.

Un ensemble de numéros de paragraphe tirés des réglementations TS-R-1<sup>[1]</sup> de l'AIEA et ADR<sup>[2]</sup> (comme exemple des réglementations relatives aux différents modes de transport) applicables à chaque type de *colis* est présenté dans le tableau 1.

Des recommandations supplémentaires sont fournies en annexe. Celles-ci concernent le périmètre du PDSR, décliné pour chaque type de *colis*.

## **0.5 Système d'unités**

Le système d'unités S.I. devrait être utilisé dans l'ensemble du Rapport de sûreté du *modèle de colis*.

## **0.6 Contrôle de document**

Le Rapport de sûreté du modèle de colis devrait être un *document contrôlé*. Il devrait inclure un historique de sa compilation et de sa révision ainsi que l'*approbation* du *concepteur du colis*.

Chaque document de la partie 1 du PDSR est un *document contrôlé*. L'auteur/propriétaire du document ainsi que le *concepteur du colis* devraient approuver sa publication.

Chaque document de la partie 2 du PDSR devrait être un *document contrôlé*. Sa diffusion devrait être approuvée par le spécialiste compétent responsable du domaine technique analysé.

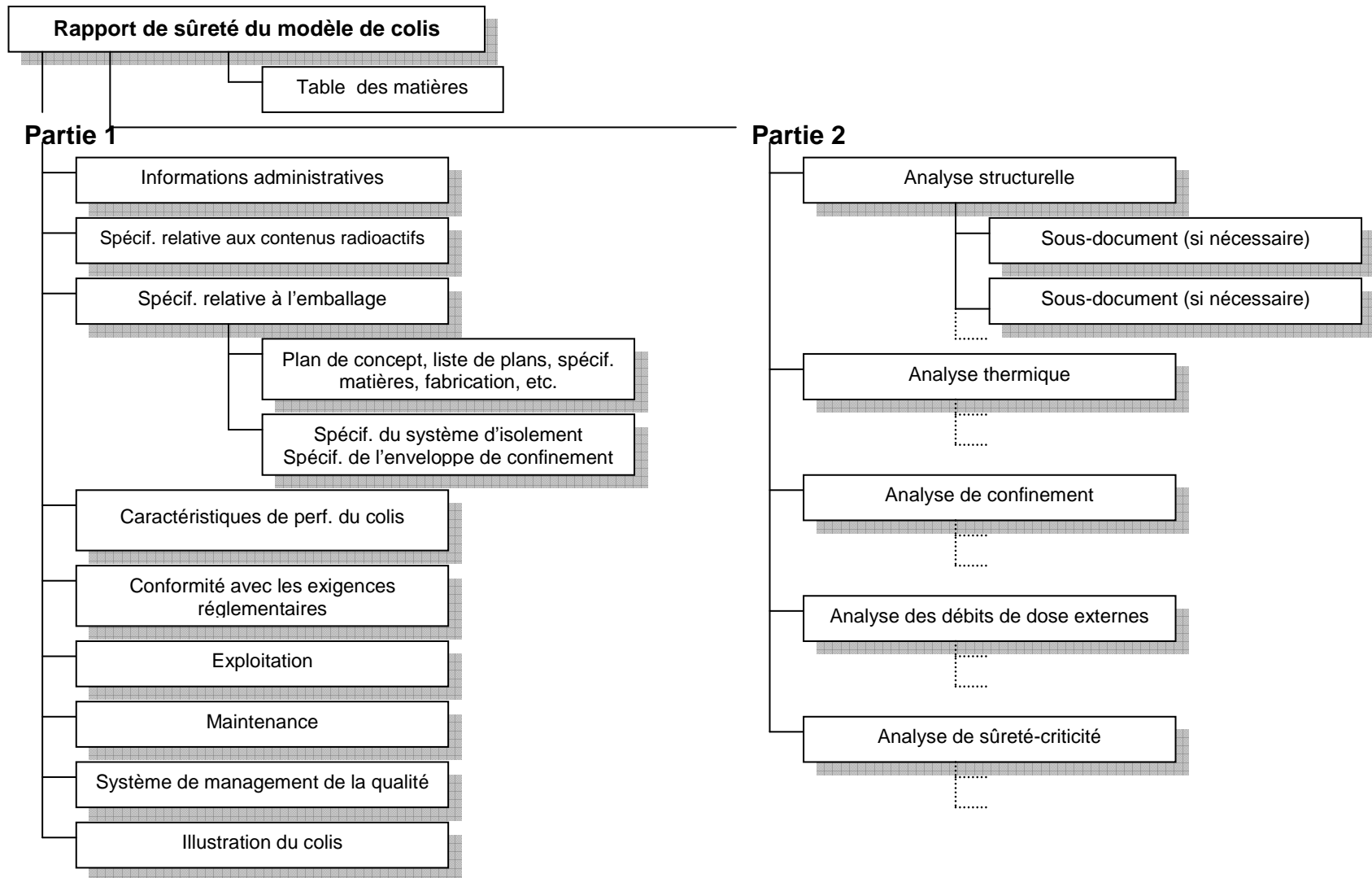


FIGURE 1 : structure du rapport de sûreté du modèle de colis

## 1 RAPPORT DE SÛRETÉ DU MODÈLE DE COLIS : PARTIE 1

La partie 1 du PDSR devrait comporter les informations suivantes.

### 1.1 Liste des chapitres du PDSR

Les chapitres du PDSR, partie 1 et partie 2, devraient être énumérés en indiquant l'état de révision de chaque document inclus ou de chaque document référencé dans le PDSR.

### 1.2 Informations administratives

- (a) Nom usuel du *colis*, le cas échéant
- (b) Identification du *concepteur de colis* (nom et coordonnées)
- (c) Type de *colis*
- (d) Identification du *modèle de colis* et restrictions en termes de numéro(s) de série des emballages (le cas échéant)
- (e) Moyens de transport pour lesquels le *colis* est *conçu* (y compris les restrictions)
- (f) Référence aux réglementations en vigueur, y compris l'édition du règlement de l'AIEA relatif à la sûreté du transport de matières radioactives à laquelle se réfère le *modèle de colis*.

### 1.3 Spécification relative aux *contenus radioactifs*

Les descriptions détaillées des *contenus radioactifs* prévus pour le *modèle de colis* devraient contenir, a minima, les informations suivantes, selon le cas (voir annexes) :

- (a) Radionucléide/composition isotopique ; produits de filiation, le cas échéant
- (b) Limitations en termes d'activité, de masse et de concentrations, d'hétérogénéités le cas échéant
- (c) État physico-chimique, forme géométrique, agencement, paramètres d'irradiation, teneur en humidité, spécifications relatives aux matériaux
- (d) *Matière radioactive sous forme spéciale ou matière radioactive faiblement dispersable*, le cas échéant
- (e) Nature et caractéristiques du rayonnement émis



- (f) Limitations en termes de puissance thermique des contenus
- (g) Masse de matière fissile et de radionucléides
- (h) Autres propriétés dangereuses
- (i) Contenus non autorisés

Les limites concernant les *matières non radioactives* (par exemple, les modérateurs) devraient être indiquées, par exemple par la composition de la matière, sa masse volumique, sa forme, son emplacement dans le *colis*, les restrictions sur les quantités relatives de matières.

Les valeurs  $A_1/A_2$  d'un radionucléide à transporter ne figurant pas dans le règlement TS-R-1 de l'AIEA <sup>[1]</sup> doivent être déterminées selon les paragraphes 402 à 406 de l'AIEA et intégrées dans le PDSR. Elles peuvent être soumises à une approbation multilatérale (voir [1], paragraphe 402).

## 1.4 Spécification relative à l'*emballage*

La définition du modèle d'emballage devrait intégrer les informations suivantes, selon le cas (voir annexes) :

- (a) La liste de tous les composants de l'emballage et *plans de concept* complets
- (b) La liste de tous les articles standard tels que les boulons et les joints.
- (c) La liste des spécifications relatives aux matériaux de tous les composants de l'emballage et articles standard, ainsi que leurs procédés de fabrication, y compris les exigences en termes d'approvisionnement en matériaux, de soudage, d'autres procédés spéciaux, d'examen non destructif et d'essai.

Une description :

- (d) Du corps de l'emballage, du couvercle (mécanisme de fermeture) et des aménagements internes
- (e) Des composants du *modèle de colis* constituant l'enveloppe de confinement
- (f) Des composants de l'emballage nécessaires pour assurer la protection contre les rayonnements
- (g) Des composants du *modèle de colis* constituant le *système d'isolement*

# PDSR : partie 1

- (h) Des composants du *modèle de colis* nécessaires pour assurer la protection thermique
- (i) Des composants du *modèle de colis* nécessaires pour assurer la dissipation thermique
- (j) De la protection contre la corrosion
- (k) De la protection contre la contamination
- (l) Des composants de protection contre les chocs
- (m) Du concept du système de transport, intégrant tous les dispositifs nécessaires au transport et à la sûreté de la manutention, de l'arrimage, des ruptures de charge et de l'arrimage dans ou sur le moyen de transport, qui a un impact sur la sûreté du colis.

## 1.5 Caractéristiques de performance du *colis*

Cette section décrit les principaux principes de *conception* et les caractéristiques de performance du *modèle de colis* permettant de satisfaire les différentes exigences réglementaires en termes de sûreté (par exemple, le confinement, la dissipation de la chaleur, les débits de dose et la sûreté-criticité). Elle décrit également comment les hypothèses et les données utilisées pour l'analyse de sûreté, notamment en ce qui concerne le relâchement de *matières radioactives*, les débits de dose et la sûreté-criticité (le cas échéant), sont déduites de la *conception* et du comportement du *colis* en conditions de transport de routine, normales et accidentelles, en prenant également en compte le nombre de cycles de transport prévus pour un emballage.

Ces éléments devraient permettre de garantir que la *conception* et les diverses parties de la démonstration de sûreté sont en adéquation et que toute décision ultérieure prise quant aux modifications apportées au *modèle de colis* dues à la fabrication ou à la réparation, ou en vue d'en améliorer le fonctionnement, etc. tient compte de l'influence possible sur les critères de performance du *colis* et la conformité réglementaire.

## 1.6 Conformité avec les exigences réglementaires

Le Rapport de sûreté du modèle de colis (PDSR) devrait comporter la liste complète de tous les paragraphes des réglementations internationales <sup>[1 - 6]</sup> et toute autre

# PDSR : partie 1

réglementation nationale s'appliquant au *modèle de colis* concerné. La démonstration de conformité avec ces paragraphes devrait s'effectuer en référence à la section du PDSR où la conformité est démontrée ou à une autre justification. Le tableau 1 comporte un renvoi aux paragraphes des réglementations de l'AIEA et de l'ADR pour chaque type de *colis*.

## 1.7 Exploitation

Les exigences minimales relatives aux activités suivantes devraient être totalement définies pour l'emballage / le *colis*, selon le cas (voir annexes) :

- (a) Exigences en termes d'essais et de contrôles avant la première utilisation
- (b) Exigences en termes d'essais et de contrôles avant chaque transport
- (c) Exigences en termes de manutention et d'arrimage
- (d) Chargement et déchargement des contenus du *colis*
- (e) Assemblage des composants de l'emballage
- (f) Tout équipement complémentaire proposé et tout contrôle à réaliser pendant le transport qui est nécessaire pour garantir la conformité du *colis* avec les exigences réglementaires applicables au transport, par exemple pour la dissipation thermique, les barrières thermiques, les limites de durée, les limites de température (y compris les conditions d'*utilisation exclusive* et les conditions particulières d'arrimage).

## 1.8 Maintenance

Les exigences minimales relatives aux activités suivantes devraient être totalement définies pour l'emballage / le *colis*, selon le cas (voir annexes) :

- (a) Exigences en termes de maintenance et d'inspection avant chaque expédition
- (b) Exigences en termes de maintenance et d'inspection périodique pendant toute la durée d'utilisation de l'emballage / du *colis*

## 1.9 Systèmes de management (de la qualité)

Spécification relative au système de management (de la qualité) <sup>[10]</sup> comprenant le programme d'assurance qualité selon le règlement TS-R-1 de l'AIEA <sup>[11]</sup> pour garantir la

# PDSR : partie 1

conformité avec les dispositions pertinentes concernant ce qui suit (y compris le contrôle des modifications) :

- (a) *Conception*, PDSR, documentation, enregistrements
- (b) Fabrication et essai

Ainsi que les exigences concernant ce qui suit :

- (c) Exploitation (chargement, transport, déchargement, stockage en transit)
- (d) Maintenance et réparation
- (e) Conformité de toute activité avec le PDSR

## 1.10 Illustration du *colis*

Une illustration reproductible, dont les dimensions ne sont pas supérieures à 16 cm x 22 cm, présente la composition du *colis*, y compris les dispositifs de protection contre les chocs, les dispositifs de protection thermique et les aménagements internes de l'emballage, le cas échéant. L'illustration devrait au moins contenir les dimensions externes globales, les masses des principaux composants de l'emballage et les masses brutes à « vide » et en charge.

## 2 RAPPORT DE SÛRETÉ DU MODELE DE COLIS : PARTIE 2

La partie 2 du PDSR devrait présenter les analyses techniques détaillées permettant d'appuyer la démonstration de conformité avec les réglementations citées dans la partie 1 du PDSR, auxquelles fait référence la section 1.6. Dans la section 2.1, les dispositions communes à toutes les analyses techniques sont exposées.

La section 2.2 donne la liste des analyses techniques qui peuvent être nécessaires, accompagnées de leurs principaux contenus. Des recommandations supplémentaires sur le contenu des analyses techniques requises pour chaque type de *colis* sont fournis en annexe.

### 2.1 Dispositions communes à toutes les analyses techniques de la partie 2 du PDSR

Les informations de la section 2.1 devraient figurer dans chaque analyse technique de la section 2.2.

#### 2.1.1 Référence au *modèle de colis*

Dans chaque analyse technique de la section 2.2, le *modèle de colis* évalué devrait être référencé avec précision en mentionnant un plan de concept ou une liste de plans de l'emballage (avec indication de l'état de révision) et le document définissant les contenus radioactifs (avec indication de l'état de révision), selon le cas.

#### 2.1.2 Critères d'acceptation et hypothèses de *conception*

Les critères d'acceptation de l'analyse technique ainsi que les hypothèses de *conception* du *modèle de colis* en termes de géométrie ou caractéristiques de performance devraient être définis et justifiés si nécessaire.

#### 2.1.3 Description et justification des méthodes d'analyse

La démonstration de sûreté d'un *modèle de colis* peut être effectuée par une combinaison des éléments suivants selon le cas (voir annexes) :

- (a) Des résultats expérimentaux obtenus avec des prototypes ou modèles à une échelle appropriée.
- (b) Des références à des essais physiques antérieurs d'une nature suffisamment semblable. Dans ce cas, la similitude entre le *modèle de colis* concerné et la configuration d'essai devrait pouvoir être démontrée.

## PDSR : partie 2

- (c) Par calcul, lorsqu'il est admis que les procédures de calcul sont généralement considérées comme étant appropriées et conservatives. Les hypothèses émises peuvent nécessiter une justification par l'expérimentation.

Les méthodes/standards utilisés dans chaque analyse répertoriée aux sections 2.2.1 à 2.2.5 devraient comporter une description de la technique d'analyse utilisée, ses limitations et sa précision, ainsi qu'une justification de la manière dont elle a été utilisée pour l'analyse du *modèle de colis*.

Si des codes de calcul sont utilisés pour l'analyse de sûreté, des informations supplémentaires seront nécessaires pour vérifier/valider les codes en termes de plateforme d'exploitation (ordinateur) utilisée. La justification de l'applicabilité de ces codes comprend la formulation des sources possibles d'erreurs, en particulier pour les conditions pour lesquelles une vérification suffisante n'a pas encore été fournie, et l'évaluation des effets des hypothèses et des simplifications de modélisation de même que tout autre paramètre ayant une influence sur les résultats calculés.

### 2.1.4 Analyse du *modèle de colis*

Les caractéristiques de performance du *modèle de colis* devraient être évaluées, selon le cas (voir annexes), en effectuant une analyse de sensibilité appropriée et identifiée. Les niveaux de précision devraient être indiqués.

On peut concevoir que plusieurs scénarios d'accident devraient être considérés pour garantir la conformité des diverses fonctions de sûreté que doivent remplir différents composants du *modèle de colis*, avec les exigences réglementaires.

D'autres risques susceptibles d'avoir des conséquences sur les fonctions de sûreté doivent être analysés. Cela peut concerner la corrosion, la combustion, la pyrophoricité ou d'autres réactions chimiques, la radiolyse, les changements de phase, etc.

### 2.1.5 Comparaison entre les critères d'acceptation et les résultats d'analyse

Les résultats des analyses détaillées dans la section 2.1.4 devraient être comparés aux critères d'acceptation et aux hypothèses de *conception* (section 2.1.2). La conformité réglementaire devrait être justifiée en conséquence.

## 2.2 Analyses techniques

### 2.2.1 Analyse structurelle

Évaluation du comportement mécanique (comprenant la fatigue, la rupture fragile, le fluage, etc., le cas échéant) en conditions de transport de routine, normales et accidentelles, selon le type de *colis* :

- (a) Des composants de l'enveloppe de confinement du colis
- (b) Des composants du *colis* qui assurent une protection contre les rayonnements
- (c) Des composants du *colis* qui constituent le système d'isolement
- (d) Des composants du *colis* dont le comportement aura une conséquence sur (a), (b) et (c)
- (e) Des organes de l'emballage utilisés pour manutentionner l'emballage / le *colis* (conditions de routine et conditions normales uniquement)
- (f) Des organes de l'emballage utilisés pour arrimer le *colis* / l'emballage à son moyen de transport pendant le transport (conditions de routine et conditions normales uniquement)

### 2.2.2 Analyse thermique

Évaluation du comportement thermique en conditions de transport de routine, normales et accidentelles comportant une évaluation des contraintes thermiques, des températures de surface et du comportement thermique, selon le type de *colis* :

- (a) Des composants de l'enveloppe de *confinement*
- (b) Des composants de protection contre les rayonnements
- (c) Des composants du *système d'isolement*
- (d) Des composants du *colis* dont le comportement aura une conséquence sur (a), (b) et (c)

### 2.2.3 Analyse de confinement

Évaluation des exigences en termes de prévention de perte ou de dispersion ou en termes de limitation du relâchement de *matières radioactives* en conditions de transport de routine, normales et accidentelles, selon le cas.

#### **2.2.4 Analyse des débits de dose externes**

Évaluation des débits de dose et du rapport d'augmentation des débits de dose en conditions de routine, normales et accidentelles, selon le cas. L'analyse devrait supposer un contenu radioactif maximal ou un contenu qui entraînerait des débits de dose maximums à la surface du *colis* et aux distances définies dans les réglementations.

#### **2.2.5 Analyse de sûreté-criticité**

Pour les *colis destinés* au transport de *matières fissiles* non exceptées des exigences relatives aux *colis* contenant des *matières fissiles*, évaluation de la sûreté-criticité, en conditions de transport de routine, normales et accidentelles, du *colis* isolé et des réseaux de *colis*.



## 3 RÉFÉRENCES

- [1] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, [Règlement de transport des *matières radioactives*], édition 2005, Prescriptions n°TS-R-1, IAEA, Vienne
- [2] COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE, [Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR)], Nations unies, New York et Genève, 2007.
- [3] ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE POUR LES TRANSPORTS INTERNATIONAUX FERROVIAIRES (OTIF), [Convention relative au transport international ferroviaire (COTIF), annexe B. Règles uniformes relatives au contrat de transport international ferroviaire de marchandises (CIM), annexe 1. Réglementations relatives au transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID)]. Édition 2007.
- [4] ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, Code maritime international des marchandises dangereuses (IMDG), édition 2006, Londres 2004.
- [5] COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE, Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (ADN), Nations unies, New York et Genève, 2007.
- [6] ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE, Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses, Organisation de l'aviation civile internationale, éditions 2007-2008.
- [7] NATIONS UNIES, Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses, 14<sup>e</sup> édition révisée (ST/SG/AC.10/1/Rév.9), N.U., New York et Genève (2005).
- [8] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive material, Safety Guide No.TS-G-1.1 (ST-2)* [Recommandations associées au règlement de transport des *matières radioactives*, guide de sûreté n° TS-G-1.1 (ST-2)], IAEA, Vienne (2002<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Correction de la traduction ; la révision 1 du guide TS-G-1.1, publiée en 2008, devrait être référencée dans la prochaine révision du présent guide.

## Références

- [9] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive material, DS327* [Assurance de la conformité pour le transport sûr des *matières radioactives*], en préparation, n°TS-G-1.4, AIEA, Vienne.
- [10] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Management Systems for the Safe Transport of Radioactive material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.x* [Systèmes de management de la qualité pour le transport sûr des *matières radioactives*, normes de sûreté de l'AIEA série n°TS-G-1.x], IAEA, Vienne (à paraître).
- [11] ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (OECD), ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series n°115* [Normes fondamentales internationales de sûreté pour la protection contre les rayonnements et pour la sûreté des sources de rayonnement, collection sécurité n°115], IAEA, Vienne (1996).

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

	§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de <i>colis</i>							Dispositions supplémentaires		Remarques
			Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile	UF6	
DÉFINITIONS	222	2.2.7.2								x		<i>Matière fissile</i>
	225	2.2.7.2							x			LDM
	226	2.2.7.3.1 et 2		x	x	x						LSA
	239	2.2.7.4.1	x				x	x	x			Matière sous forme spéciale
	241	2.2.7.5		x	x	x						SCO
AQ	306	1.7.3	x	x	x	x	x	x	x			Assurance qualité
LIMITES D'ACTIVITÉ ET RESTRICTIONS DES MATIÈRES	408-410	2.2.7.7.1.2.1 et 2 (S)	x									§410 : transport par courrier postal
	411-412	2.2.7.7.1.3 (S)			x	x						Limites d'activité SCO et LSA, §412 : transport par avion
	413-414	2.2.7.7.1.4.1 et 2					x					Limite d'activité pour le <i>colis</i> de type A
	415	2.2.7.7.1.5.1						x				Limite d'activité pour le <i>colis</i> de type B(U) et B(M)
	416	-						x				Limites d'activité pour le <i>colis</i> de type B(U) et B(M) par avion
	417	2.2.7.7.1.6+Note								x		

\* Dans cette colonne, le symbole « - » signifie « complètement manquant par rapport à TS-R-1 », « S » signifie « sous-disposition omise par rapport à TS-R-1 », « M » signifie « modifié par rapport à TS-R-1 »

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

	§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de colis							Dispositions supplémentaires		Remarques		
			Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile	UF6			
	418	2.2.7.7.1.7									x		Restrictions relatives à la <i>matière fissile</i>	
	419	2.2.7.7.1.8										x	Restrictions relatives à l'hexafluorure d'uranium	
EXIGENCES ET CONTRÔLES DE TRANSPORT	503	4.1.9.1.3		x	x	x	x	x	x	x			Transport d'autres marchandises	
	507	1.7.5, 2.1.3.5.3,(M)	x	x	x	x	x	x	x	x			Risque subsidiaire	
	508	4.1.9.1.2	x	x	x	x	x	x	x	x			Contamination non fixée sur le <i>colis</i> - §609	
	515-520	2.2.7.9.1 - 7	x										Exigences relatives aux <i>colis</i> exceptés	
	521	4.1.9.2.1		x	x	x							Intensité de rayonnement LSA ou SCO non protégés	
	524	4.1.9.2.4		x	x	x								
	525	7.5.11 CV33 (2)		x	x	x								Limite d'activité du moyen de transport
	530	2.2.7.8.1		x	x	x	x	x	x	x	x			Limites TI et CSI
	531,532	2.2.7.8.2 et 3		x	x	x	x	x	x	x				Intensité de rayonnement au contact d'un <i>colis</i>
	573	7.5.11 CV33 (3.5)		x	x	x	x	x	x	x				Utilisation exclusive
	575	-		x	x	x	x	x	x	x				Transport par bateau
578	-							x					Transport par avion pour le <i>colis</i> de type B(M)	
EXIGENCES RELATIVES AUX MATIÈRES RADIOACTIVES ET AUX EMBALLAGES /COLIS	601	2.2.7.3.3			x	x							Pour LSA-III	
	602-604	2.2.7.4.1 et 2	x					x					Pour une forme spéciale	

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de colis							Dispositions supplémentaires		Remarques	
		Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile	UF6		
605	-							x				Pour LDM
606-616	6.4.2.1 - 11	x	x	x	x	x	x	x	x			Dispositions générales
617-619	-	x	x	x	x	x	x	x	x			Transport par avion et pour le colis de type C
622	6.4.5.2			x								
623	6.4.5.3				x							
624	6.4.5.4.1			x								Exigences alternatives
625-628	6.4.5.4.2 - 5			x	x							Exigences alternatives
629-632	6.4.6.1 - 4										x	
634	6.4.7.2		x	x	x	x	x	x	x	x		
635-645	6.4.7.3 - 13				x	x	x	x				
646	6.4.7.14				x	x	b) uniquement	b) uniquement				
647	6.4.7.15				x	x	x	x				Liquides
648	6.4.7.16					x						Liquides
649	6.4.7.17					x						Gaz
651-655	6.4.8.2 - 6							x	x			

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

	§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de colis						Dispositions supplémentaires		Remarques	
			Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile		UF6
	656-657	6.4.8.7 et 8							x			
	658-664	6.4.8.9 - 15							x	x		
	665,666	6.4.9.1 et 2							x			
	668-670	6.4.10.2 – 6.4.10.4								x		
	671	6.4.11.1								x		
	672	6.4.11.2	x	x	x	x	x	x	x			Matière fissile exceptée
	673-682	6.4.11.3 - 12								x		
PROCÉDURES D'ESSAI APPLICABLES AUX COLIS	701	6.4.12.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Démonstration de conformité
	702	6.4.12.2			x	x	x	x	x	x	x	Évaluation après essais
	703	2.2.7.3.4			x	x			x			Essai de lixiviation pour LSA-III et LDRM
	704-711	2.2.7.4.4 - 2.2.7.4.8	x						x	x		Essais pour la matière radioactive sous forme spéciale
	712	-							x			Essais pour LDRM
	713-715	6.4.12.3			x	x	x	x	x	x	x	Préparation d'un colis pour essai
	716	6.4.13			x	x	x	x	x	x	x	Intégrité du confinement, protection contre les rayonnements et évaluation sûreté-criticité

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de colis							Dispositions supplémentaires		Remarques
		Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile	UF6	
717	6.4.14			x	x	x	x	x	x	x	Cible pour essais de chute
718	6.4.21.5									x	Epreuve structurelle
719-720	6.4.15.1 - 6.4.15.2			x	x	x	x	x	x	x	Dispositions générales pour les épreuves en conditions normales
721	6.4.15.3				x	x	x	x	x		Epreuve d'aspersion d'eau
722	6.4.15.4			x	x	x	x	x	x	x	Epreuve de chute libre
723	6.4.15.5			x	x	x	x	x	x		Epreuve de gerbage
724	6.4.15.6				x	x	x	x	x		Epreuve de pénétration
725	6.4.16					x					Epreuve additionnelles type A (liquides et gaz)
726	6.4.17.1						x	x	x		Dispositions générales pour les épreuves en conditions accidentelles
727 (a)	6.4.17.2 (a)						x	x	x		Epreuve de chute de 9 m
727 (b)	6.4.17.2 (b)						x		x		Epreuve de chute sur une barre
727 (c)	6.4.17.2 (c)						x	x	x		Epreuve d'écrasement dynamique
728	6.4.17.3						x		x	x	Epreuve thermique
729	6.4.17.4						x		x		Epreuve d'immersion dans l'eau
730	6.4.18						x	x			Epreuve poussée d'immersion dans l'eau

Tableau 1 : Applicabilité des exigences règlementaires issues du TS-R-1 et de l'ADR aux différents types de colis et de matières

	§ TS-R-1 (2005)	§ 2007ADR *	Type de colis							Dispositions supplémentaires		Remarques	
			Excepté	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U), B(M)	C	Fissile	UF6		
	731-733	6.4.19.1 - 6.4.19.3									x		Epreuve d'étanchéité à l'eau
	734	6.4.20.1									x		Dispositions générales pour les épreuves de colis de type C
	735	6.4.20.2									x		Epreuve de perforation/déchirure
	736	6.4.20.3									x		Epreuve thermique poussée
	737	6.4.20.4									x		Epreuve de résistance au choc



## *Colis exceptés*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.1</b>	À respecter
<b>1.2</b>	<p>À respecter</p> <p>(c) Le(s) type(s) de <i>colis</i> excepté, tels que distingués par leur numéro UN, devrait(devraient) être indiqué(s) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emballage vide (UN 2908) ou</li> <li>• Articles fabriqués à partir d'uranium naturel ou uranium appauvri ou de thorium naturel (UN 2909) ou</li> <li>• Quantité de matière limitée (UN 2910) ou</li> <li>• Instruments ou articles (UN 2911)</li> </ul> <p>(e) La conformité avec les exigences supplémentaires relatives au transport aérien (voir tableau 1) devrait être prise en compte, le cas échéant.</p>
<b>1.3</b>	<p>À respecter, sauf (f)</p> <p>(b) La conformité avec les limites d'activité pour les colis exceptés selon le tableau 3 du règlement TS-R-1 et les paragraphes 408 et 410 (pour le transport par courrier postal), le cas échéant, devrait être prise en compte.</p> <p>(d) Un certificat valide relatif aux formes spéciales devrait être disponible si une matière radioactive sous forme spéciale est utilisée.</p> <p>(g) Le cas échéant, seules les quantités de matières fissiles exceptées, selon le paragraphe 672 du règlement TS-R-1, sont autorisées.</p> <p>(h) Les risques subsidiaires des contenus devraient être pris en compte, ce qui peut entraîner des exigences en termes de classement et de conception selon le risque subsidiaire prédominant (voir [7], chapitre 3.3 SP 290).</p>

***Colis exceptés***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>1.4</b>	À respecter, sauf (g) à (i)  (e) peut être assuré par une matière sous forme spéciale, le cas échéant (voir également le commentaire du point 1.3 (d) ci-avant)
<b>1.5</b>	Les principaux principes de conception et les caractéristiques de performance relatives au <i>modèle de colis</i> devraient être décrits de sorte à satisfaire les exigences en termes d'intégrité de confinement et de protection contre les rayonnements pour les colis exceptés en conditions de transport de routine selon les paragraphes 606 à 616, 617 à 619 pour les colis à transporter par avion, les paragraphes 515, 516 et, le cas échéant, les paragraphes 517 (a) et (c), 518 (a), 519 et 409 du règlement TS-R-1 (voir également le tableau 1).
<b>1.6</b>	Les paragraphes relatifs aux colis exceptés, indiqués dans le tableau 1, devraient être examinés.
<b>1.7</b>	Les instructions appropriées relatives à l'utilisation du colis devraient couvrir tous les éléments du point 1.7. La conformité avec les exigences des paragraphes 565 et 606 à 608 devrait être justifiée en prenant en compte les conditions de transport de routine prévues. Les conditions de transport de routine devraient être identifiées : les températures ambiantes minimale et maximale pendant le transport, la pression ambiante minimale, les spécifications des couples de serrage de la boulonnerie, les nombres de cycles de transport, (à utiliser dans l'analyse de fatigue), pour chaque moyen de transport, devraient être incluses, le cas échéant.
<b>1.8</b>	Les instructions appropriées relatives à la maintenance du <i>colis</i> devraient couvrir tous les éléments du point 1.8.
<b>1.9</b>	Le système de management (de la qualité) doit être adapté à la complexité du <i>modèle de colis</i> afin de garantir que le colis est conçu et éprouvé si nécessaire pour démontrer sa conformité avec les exigences réglementaires. Cela doit inclure un système de vérification de documents efficace.

***Colis exceptés***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	Le système de management (de la qualité) devrait également garantir que les exigences et les normes de fabrication, d'inspection avant la première utilisation et d'inspections ultérieures en cours d'utilisation (pour l'utilisation répétée de l'emballage), de maintenance, d'exploitation (chargement, déchargement, fonctionnement, transport) sont clairement définies dans le PDSR. Pour des recommandations plus détaillées, voir [10].
<b>1.10</b>	À respecter

<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	À respecter dans la mesure du possible pour démontrer la conformité avec les exigences applicables à la conception du colis excepté.
<b>2.2.1</b>	À respecter pour les conditions de transport de routine uniquement et non pour (c)  (a) peut être assuré par une matière sous forme spéciale, le cas échéant  Une analyse structurelle adaptée devrait être effectuée afin de démontrer que toutes les exigences de conception en vigueur selon les paragraphes 606 à 616, 617 à 619 (pour le transport par avion), 620 et 634 (pour la matière fissile exceptée), le cas échéant, sont satisfaites. Il est recommandé de prendre en compte les températures et pressions ambiantes qui peuvent être obtenues en conditions de transport de routine de même que les exigences spécifiques en termes de température et de pression pour le transport par avion. En particulier, il est recommandé de veiller à ce que tout écrou, boulon et autre dispositif de rétention assure sa fonction de sûreté en conditions de transport de routine même après une utilisation répétée. Pour d'autres recommandations, voir également le guide TS-G-1.1, paragraphes 606.1 à 619.2.
<b>2.2.2</b>	À respecter pour les conditions de transport de routine uniquement et non pour

***Colis exceptés***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>(c)</p> <p>Une analyse thermique adaptée devrait être effectuée afin de démontrer que toutes les exigences <i>de conception</i> applicables selon les paragraphes 606 à 619 sont satisfaites, en particulier les paragraphes 612, 613, 615 et 616 à 618, le cas échéant. Pour d'autres recommandations, voir également le guide TS-G-1.1, paragraphes 606.1 à 619.2.</p>
<b>2.2.3</b>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine uniquement.</p> <p>Cela devrait être effectué de façon adaptée à la démonstration de l'intégrité du confinement pour tous les aspects pertinents selon les paragraphes 606 à 616 et 617 à 619, le cas échéant. Pour les autres propriétés dangereuses des contenus, voir paragraphes 109 et 507.</p>
<b>2.2.4</b>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine uniquement (voir paragraphes 508, 509 et 516).</p> <p>Une analyse relative à la protection contre les rayonnements devrait être effectuée de façon adaptée à la démonstration du respect de toutes les exigences en vigueur en termes d'intensité de rayonnement selon les paragraphes 516 et 517 (a). Si des méthodes de calcul sont utilisées, les calculs de termes source devraient prendre en compte les interactions, les émissions secondaires et les facteurs de multiplication, le cas échéant. Les recommandations appropriées de la CIPR devraient être prises en compte. Si des mesures sont utilisées, la source de mesure devrait être représentative des contenus radioactifs du <i>modèle de colis</i>.</p>
<b>2.2.5</b>	<p>Non applicable : la matière fissile non exceptée n'est pas autorisée dans les colis exceptés.</p>

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.1</b>	À respecter
<b>1.2</b>	<p>À respecter</p> <p>(c) Le type de colis industriel devrait être indiqué :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- colis industriel de type 1 (type IP-1) ;</li> <li>- colis industriel de type 2 (type IP-2) ; ou</li> <li>- colis industriel de type 3 (type IP-3).</li> </ul> <p>(e) La conformité avec les exigences supplémentaires relatives au transport par avion (voir tableau 1) devrait être considérée.</p>
<b>1.3</b>	<p>À respecter</p> <p>(b) Les limitations de l'activité spécifique (Bq/g) et de la contamination surfacique (Bq/cm<sup>2</sup>) peuvent être requises.</p> <p>Concernant les définitions dans le règlement TS-R-1, le contenu sera classé LSA-I, LSA-II ou LSA-III (paragraphe 226) ou SCO-I ou SCO-II (paragraphe 241). Le type de colis industriel sera justifié par rapport à ce classement de contenu, (paragraphe 524 et tableau 4 du règlement TS-R-1).</p> <p>Le respect de la limite de débit de dose à 3 m du contenu non protégé établie au paragraphe 521 est à analyser</p> <p>Les limites d'activité du moyen de transport selon le tableau 5 du règlement TS-R-1 devraient être également prises en compte.</p> <p>(c) Les limites des contenus du colis industriel sont fonction de l'état physique.</p> <p>En cas de LSA-III, comme il convient pour le type IP-2 ou le type IP-3 selon le</p>

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>tableau 4 du règlement TS-R-1, la conformité avec le paragraphe 601 devrait être justifiée.</p> <p>(f) Le cas échéant</p> <p>(g) Si le colis contient des matières fissiles exceptées, la conformité avec les dispositions du paragraphe 672 du règlement TS-R-1 pour les quantités exceptées devrait être justifiée ; si le colis contient des matières fissiles non exceptées, se reporter à l'annexe 5.</p>
<b>1.4</b>	<p>À respecter, sauf (i)</p> <p>(g) Le cas échéant, voir l'annexe 5</p> <p>(h) Le cas échéant en rapport avec l'annexe 5 ou 6</p>
<b>1.5</b>	<p>Les principaux principes de conception et les caractéristiques de performance du <i>modèle de colis</i> devraient être décrits de sorte à satisfaire les exigences en termes d'intégrité de confinement et de protection contre les rayonnements pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le type IP-1 en conditions de transport de routine selon les paragraphes 606 à 619 et 634 du règlement TS-R-1,</li> <li>- le type IP-2 en conditions de transport de routine et normales selon les paragraphes 606 à 619, 622 et 634 du règlement TS-R-1 ou les exigences alternatives des paragraphes 624 à 628 pour les colis, les conteneurs-citernes, les réservoirs (autres que les conteneurs-citernes), les conteneurs de fret et les conteneurs métalliques pour le transport de marchandises en semi-vrac,</li> <li>- le type IP-3 en conditions de transport de routine et normales selon les paragraphes 606 à 619, 634 à 647 ou les exigences alternatives des paragraphes 625 à 628 pour les conteneurs-citernes, les citernes (autres que les conteneurs-citernes), les conteneurs de fret et les GRV métalliques,</li> </ul>

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>- le type IP-1, le type IP-2 et le type IP-3 selon les paragraphes 530 à 532 du règlement TS-R-1</p> <p>(voir également le tableau 1).</p>
<b>1.6</b>	<p>Les paragraphes appropriés comme indiqué dans le tableau 1 pour le colis de type IP-1, de type IP-2 et de type IP-3 devraient être examinés.</p>
<b>1.7</b>	<p>Les instructions appropriées relatives à l'utilisation du colis devraient couvrir tous les éléments du point 1.7. Des informations détaillées sur les opérations de manutention du colis peuvent être fournies dans des procédures écrites plus exhaustives auxquelles il peut être fait référence dans cette partie du PDSR.</p> <p>(a) En conformité avec le paragraphe 501(a) du règlement TS-R-1, si la pression de calcul de l'enveloppe de confinement dépasse 35 kPa, une procédure permettant de tester l'intégrité de l'enveloppe de confinement sous cette pression devrait être incluse.</p> <p>(b) Les procédures d'essai et de contrôle devraient être incluses pour garantir que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• toutes les exigences indiquées dans les dispositions pertinentes du règlement TS-R-1 s'appliquant aux colis industriels ont été satisfaites, selon le paragraphe 502 (a) du règlement TS-R-1.</li> <li>• Les organes de levage qui ne satisfont pas les exigences du paragraphe 607 du règlement TS-R-1 ont été retirées ou sinon mises hors d'usage pour soulever le colis, selon le paragraphe 502 (b) du règlement TS-R-1.</li> </ul> <p>(d) Les spécifications des couples de serrage de la boulonnerie, les nombres de cycles de transport (à utiliser dans l'analyse de fatigue) pour chaque moyen de transport devraient être incluses, le cas échéant.</p>

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	Outre les propriétés radioactives, toute autre propriété dangereuse des contenus du colis devrait être prise en compte (voir paragraphe 507).
<b>1.8</b>	Les instructions appropriées relatives à la maintenance du <i>colis</i> devraient couvrir tous les éléments du point 1.8.
<b>1.9</b>	<p>Le système de management (de la qualité) doit être adapté à la complexité du <i>modèle de colis</i> afin de garantir que le colis est conçu et éprouvé si nécessaire pour démontrer sa conformité avec les exigences réglementaires. Celui-ci doit inclure un système de vérification de documents efficace.</p> <p>Le système de management (de la qualité) devrait également garantir que les exigences et les normes de fabrication, d'inspection avant la première utilisation et d'inspections ultérieures en cours d'utilisation (pour une utilisation répétée de l'emballage), de maintenance, d'exploitation (chargement, déchargement, transport) sont clairement définies dans le PDSR. Pour des recommandations détaillées, voir [10].</p>
<b>1.10</b>	À respecter
<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	À respecter
<b>2.2.1</b>	<p>Une analyse structurelle devrait être effectuée de façon adaptée à la démonstration de la conformité :</p> <p>(I) Du colis de type IP-1 aux exigences définies pour les conditions de transport de routine selon les paragraphes 606 à 619 ; en particulier, cette analyse devrait prendre en considération :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les organes utilisés pour arrimer le colis (paragraphe 606) ;</li> </ul>



**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les organes utilisés pour manutentionner le colis (paragraphes 607 et 608) ;</li> <li>• les équipements ajoutés au colis pendant le transport (paragraphe 611) ;</li> <li>• le comportement du colis et de ses composants vis-à-vis des effets d'une accélération, d'une vibration ou d'une résonance induite par vibration (paragraphe 612) ;</li> <li>• le comportement du colis vis-à-vis des températures et pressions ambiantes susceptibles de se produire en conditions de routine (paragraphe 615).</li> </ul> <p>(II) Du colis de type IP-2 aux exigences définies pour les conditions de transport de routine et normales selon les paragraphes 606 à 619 et 622 du règlement TS-R-1 ou aux exigences alternatives des paragraphes 624 à 628 ; en particulier cette analyse devrait prendre en considération les mêmes points que ceux présentés pour le colis de type IP-1 ci-avant et également l'évaluation de la conformité avec les critères d'acceptation définis au paragraphe 622 pour les épreuves mécaniques indiquées aux paragraphes 722 et 723 du règlement TS-R-1.</p> <p>(III) Du colis de type IP-3 aux exigences définies pour les conditions de transport de routine et normales selon les paragraphes 606 à 619, 634 à 647 ou aux exigences alternatives des paragraphes 625 à 628 ; en particulier cette analyse devrait considérer les mêmes points que ceux présentés pour le colis de type IP-1 ci-avant et également :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'évaluation de la conformité avec les critères d'acceptation définis au paragraphe 646 pour les épreuves mécaniques indiquées aux paragraphes 721 à 724.</li> <li>• Une analyse des organes d'arrimage du colis, le cas échéant (paragraphe</li> </ul>
--	--

***Colis industriels***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

636)	<p>Si l'analyse des épreuves est effectuée par des essais réels, le rapport d'essai devrait indiquer que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les essais de chute sont réalisés selon un programme d'assurance qualité.</li> <li>• Le spécimen, le prototype ou l'échantillon est représentatif du colis.</li> <li>• Les essais de chute sont effectués de sorte à entraîner les pires dommages. La démonstration d'un lien de causalité entre l'orientation de l'essai de chute et les pires dommages à la fonction testée (confinement ou protection contre les rayonnements) devrait être établie selon un programme d'assurance qualité.</li> <li>• La cible des essais de chute est conforme aux prescriptions qui s'appliquent.</li> </ul> <p>Ce rapport d'essai devrait également contenir des photos montrant et expliquant les conditions de réalisation des essais et leurs résultats.</p> <p>Pour plus de recommandations, voir également les paragraphes correspondants du guide TS-G-1.1.</p>
------	--

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<p><b>2.2.2</b></p>	<p>Une analyse thermique devrait être effectuée de sorte à démontrer que toutes les exigences de conception applicables sont satisfaites, en particulier pour :</p> <p>les colis de type IP-1 et de type IP-2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le comportement vis-à-vis des températures ambiantes se produisant en conditions de routine (paragraphe 615 du règlement TS-R-1) ;</li> <li>• une analyse des températures sur les surfaces du colis accessibles, en cas de transport par avion (paragraphe 617) ;</li> <li>• le comportement vis-à-vis des températures ambiantes allant de <math>-40\text{ °C}</math> à <math>+55\text{ °C}</math>, en cas de transport par avion (paragraphe 618) ;</li> <li>• le colis de type IP-3 : les mêmes points que ceux présentés pour les colis de type IP-1 et de type IP-2 ci-avant et, de plus, une évaluation du comportement vis-à-vis des températures allant de <math>-40\text{ °C}</math> à <math>+70\text{ °C}</math> (paragraphe 637 et 647).</li> </ul> <p>(a) Il est recommandé de veiller à garantir que les joints d'étanchéité gardent leur fonction de sûreté dans les plages de températures indiquées ci-avant.</p> <p>Pour d'autres recommandations, voir également les paragraphes correspondants du guide TS-G-1.1.</p>
<p><b>2.2.3</b></p>	<p>Une analyse de confinement devrait être effectuée de sorte à démontrer que toutes les exigences applicables à l'enveloppe de confinement sont satisfaites, en particulier pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le type IP-1 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• la protection des soupapes par lesquelles les contenus pourraient s'échapper,</li> </ul> </li> </ul>

**Colis industriels**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>le cas échéant (paragraphe 614 du règlement TS-R-1).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le comportement du colis vis-à-vis d'une réduction de pression ambiante dans le cas du transport par avion (paragraphe 619).</li> </ul> <p>- Les colis de type IP-2 : les mêmes points que ceux présentés pour le type IP-1 et, de plus, la prévention de la perte ou de la dispersion des contenus radioactifs (paragraphe 622(a), 624(c), 627(c)(i), 628(b)(i) selon le cas).</p> <p>- Le colis de type IP-3 : les mêmes points que ceux présentés pour les colis de type IP-1 et type IP-2 ci-avant et, de plus :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les dispositifs de fixation de l'enveloppe de confinement (paragraphe 639 et 641).</li> <li>• Une analyse du comportement des dispositifs de fixation de l'enveloppe de confinement soumise à la pression interne du colis, le cas échéant, (paragraphe 639).</li> <li>• Le comportement de l'enveloppe de confinement vis-à-vis des effets de la radiolyse provoquée par les contenus, le cas échéant (paragraphe 642).</li> <li>• Le comportement de l'enveloppe de confinement sous l'effet d'une réduction de la pression ambiante à 60 kPa (paragraphe 643).</li> <li>• Les systèmes de rétention de fuite des vannes, autres que les soupapes de sûreté, le cas échéant (paragraphe 644).</li> <li>• La conception des composants assurant la protection contre les rayonnements et enfermant un élément de l'enveloppe de confinement (645).</li> </ul> <p>L'évaluation de l'enveloppe de confinement dans toutes les conditions</p>
--	--

***Colis industriels***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>opérationnelles devrait être réalisée en considérant les contenus de colis les plus pénalisants du point de vue physique et chimique et en prenant en compte les pressions internes maximales.</p> <p>Le cas échéant, une analyse et une justification des couples de serrage à utiliser pour maintenir le confinement en conditions de routine et normales devraient être effectuées, selon le cas.</p> <p>Il est recommandé d'inclure une description des essais d'étanchéité nécessaires pour démontrer que le colis satisfait les exigences en termes de confinement, notamment des essais effectués pendant et après la fabrication de l'emballage, des essais périodiques et des essais avant chaque opération de transport.</p> <p>Pour d'autres recommandations, voir également les paragraphes correspondants du guide TS-G-1.1.</p>
<p><b>2.2.4</b></p>	<p>L'analyse des aspects relatifs au système de protection contre les rayonnements du <i>modèle de colis</i> devrait garantir que les limites de débit de dose établies par les réglementations seront satisfaites, en particulier pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les colis de type IP-1, les limites de débit de dose pour les conditions de transport de routine (paragraphes 530 à 532 du règlement TS-R-1) ;</li> <li>- les colis de type IP-2, outre les limites pour les conditions de routine, que si les colis étaient soumis aux essais tels qu'indiqués aux paragraphes 722 et 723, l'intensité de rayonnement maximale n'augmenterait pas de plus de 20 % à la surface externe du colis conformément aux paragraphes 622(b), 624(c)(ii), 625(c), 627(c)(ii) et 628(b)(ii) selon le cas ;</li> <li>- les colis de type IP-3, outre les limites pour les conditions de routine, que si les colis étaient soumis aux épreuves prévues pour démontrer la capacité à</li> </ul>

***Colis industriels***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis... D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5. Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>supporter les conditions normales de transport (paragraphe 719 à 724), l'intensité de rayonnement maximale n'augmenterait pas de plus de 20 % à la surface externe du colis, conformément au paragraphe 646 ;</p> <p>Pour les colis de type IP-2 et de type IP-3, il est recommandé de veiller à définir avec précision le système de rétention à l'intérieur du colis, le cas échéant (par exemple, le transport d'outils contaminés) afin d'empêcher tout déplacement des contenus qui entraînerait une augmentation de plus de 20 % de l'intensité de rayonnement maximale.</p> <p>Si des méthodes de calcul sont utilisées, les calculs des termes source devraient prendre en compte les interactions, les émissions secondaires et les facteurs de multiplication, selon le cas. Si des mesures sont utilisées, la source de rayonnement devrait être représentative des contenus radioactifs du <i>modèle de colis</i>.</p> <p>Pour d'autres recommandations, voir également les paragraphes correspondants du guide TS-G-1.1.</p>
<b>2.2.5</b>	Le cas échéant, voir également l'annexe 5.

**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.1</b>	À respecter
<b>1.2</b>	À respecter  (e) La conformité avec les exigences supplémentaires en termes de transport par avion (voir tableau 1) devrait être considérée.
<b>1.3</b>	À respecter  (b) La conformité avec les limites d'activité pour les <i>colis</i> de type A selon les paragraphes 414 et 415 du règlement TS-R-1 devrait être considérée.  (c) Il existe des exigences <i>de conception</i> supplémentaires pour les contenus liquides et gazeux.  (d) Un certificat d'agrément valide pour les matières radioactives sous forme spéciale devrait être disponible si une telle <i>matière</i> est prévue comme contenu.  (f) Le cas échéant  (g) Si le colis contient de la matière fissile exceptée, la conformité avec les dispositions du paragraphe 672 du règlement TS-R-1 pour les quantités exceptées devrait être justifiée ; si le colis contient de la matière fissile non exceptée, se reporter à l'annexe 5.
<b>1.4</b>	À respecter, sauf (i)  (e) peut être assuré par une matière radioactive sous forme spéciale, le cas échéant (voir également le commentaire du point 1.3 (d) ci-avant)  (g) le cas échéant, voir l'annexe 5  (h) le cas échéant, en rapport avec l'annexe 5 ou 6
<b>1.5</b>	Les principaux principes de <i>conception</i> et les caractéristiques de performance

**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>relatives au <i>modèle de colis</i> devraient être décrits de sorte à satisfaire les exigences en termes d'intégrité de confinement et de protection contre les rayonnements pour les <i>colis</i> de type A en conditions de transport de routine et normales selon les paragraphes 606 à 619, les paragraphes 634 à 646 et les paragraphes 530 à 532 du règlement TS-R-1. Voir également les paragraphes 647 à 649 pour les contenus liquides et gazeux. (Voir également tableau 1.)</p>
<b>1.6</b>	<p>Les paragraphes appropriés tels qu'indiqués dans le tableau 1 pour le <i>colis</i> de type A devraient être examinés.</p>
<b>1.7</b>	<p>Les instructions appropriées relatives à l'utilisation du <i>colis</i> devraient couvrir tous les éléments du point 1.7. En particulier, les spécifications des couples de serrage de la boulonnerie, les nombres de cycles de transport (à utiliser dans l'analyse de fatigue) pour chaque moyen de transport devraient être incluses, le cas échéant.</p> <p>Outre les propriétés radioactives, toute autre propriété dangereuse des contenus du <i>colis</i> devrait être prise en compte (voir paragraphe 507).</p> <p>(e) y compris la conformité avec le paragraphe 635.</p>
<b>1.8</b>	<p>Les instructions appropriées relatives à la maintenance du <i>colis</i> devraient couvrir tous les éléments du point 1.8.</p>
<b>1.9</b>	<p>Le système de management (de la qualité) doit être adapté à la complexité du <i>modèle de colis</i> afin de garantir que le colis est conçu et éprouvé si nécessaire pour démontrer sa conformité avec les exigences réglementaires. Ceci doit inclure un système de vérification de documents efficace.</p> <p>Le système de management (de la qualité) devrait également garantir que les exigences et les normes de fabrication, d'inspection avant la première utilisation et d'inspections ultérieures en cours d'utilisation (pour une utilisation répétée de l'emballage), de maintenance, d'exploitation (chargement, déchargement, transport)</p>



**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	sont clairement définies dans le PDSR. Pour d'autres recommandations, voir [10].
<b>1.10</b>	À respecter
<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	À respecter dans la mesure du possible afin de démontrer la conformité avec les exigences réglementaires applicables aux <i>colis</i> de type A.
<b>2.1.2</b>	Toutes les caractéristiques (mécaniques, thermiques, etc.) de chaque composant du <i>colis</i> et tous les critères d'acceptation pour les analyses techniques devraient être définis.  Exemples  La conformité avec le paragraphe 637 devrait inclure des critères pour certains des éléments comme :  <ul style="list-style-type: none"> <li>- la dilatation/la contraction des composants par rapport aux fonctions structurelles ou d'étanchéité ;</li> <li>- la décomposition ou les changements d'état des matériaux des composants en conditions extrêmes ;</li> <li>- les propriétés de traction/ductilité et la résistance du <i>colis</i> ; et</li> <li>- la <i>conception</i> de la protection contre les rayonnements.</li> </ul>
<b>2.1.4</b>	Pour l'analyse structurelle, la conformité avec le paragraphe 646a) devrait inclure un critère permettant de garantir que, en conditions normales de transport, les <i>contenus radioactifs</i> du <i>colis</i> ne peuvent pas s'échapper en quantités susceptibles de créer un danger radiologique ou de contamination. (Voir également TS-G-1.1, paragraphes 646.1 à 646.6.)  La conformité des conditions des essais de chute devrait être démontrée et une description exhaustive des essais de chute devrait être documentée. Ce qui suit

**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>devrait être également examiné :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les essais de chute sont réalisés selon un programme d'assurance qualité.</li> <li>- le spécimen, le prototype ou l'échantillon est représentatif du <i>colis</i>.</li> <li>- les essais de chute sont effectués de sorte à provoquer les pires dommages. La démonstration que l'orientation de l'essai de chute induit les pires dommages de la fonction testée (confinement, protection contre les rayonnements ou sûreté-criticité) devrait être établie selon un programme d'assurance qualité.</li> <li>- La cible des essais de chute est conforme aux prescriptions qui s'appliquent. Elle doit être plane et indéformable (une plaque en acier d'épaisseur suffisante posée sur un bloc de béton), suffisamment massive pour résister à tout déplacement.</li> <li>- Un rapport d'essai de chute est établi selon un programme d'assurance qualité ; ce rapport décrit la vérification du <i>spécimen</i> avant essai, la station d'essai, les équipements de mesure utilisés et leur étalonnage, les résultats des mesures effectuées garantissant que les critères préétablis sont satisfaits. Ce rapport devrait également contenir des photos montrant et expliquant les conditions de réalisation des essais et leurs résultats.</li> </ul> <p>Les risques subsidiaires devraient être examinés dans les démonstrations de conformité.</p>
<p><b>2.2.1</b></p>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine et normales et non pour (c)</p> <p>(a) peut être assuré par une matière radioactive sous forme spéciale, le cas échéant (paragraphe 640).</p> <p>Une analyse structurelle devrait être effectuée de façon adaptée à la démonstration du respect de toutes les exigences <i>de conception</i> applicables selon les paragraphes 606 à 619, les paragraphes 634 à 646 et, le cas échéant, les paragraphes 647 à 649.</p>

**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>Il est recommandé de veiller à ce que tout écrou, boulon et autre dispositif de fixation assure sa fonction de sûreté en conditions de transport de routine même après une utilisation répétée.</p> <p>Il est recommandé de prendre en compte les températures et les pressions selon les paragraphes 637 et 643.</p> <p>Les procédures d'essai prennent en compte les exigences des paragraphes 701 et 702, 713 à 715, 716 et 719 à 724 (voir également le paragraphe 725 pour obtenir plus d'essais pour les colis de type A conçus pour les liquides et les gaz).</p> <p>Pour d'autres recommandations, voir également le guide TS-G-1.1, paragraphes 606.1 à 619.2 et paragraphes 634.1 à 649.3.</p>
<p><b>2.2.2</b></p>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine et normales et non pour (c)</p> <p>Une analyse thermique devrait être effectuée de façon adaptée à la démonstration du respect de toutes les exigences <i>de conception</i> applicables selon les paragraphes 606 à 619 et les paragraphes 634 et 649, en particulier les paragraphes 612, 613, 615, 637, 646 et 616, 617, 640, 642 le cas échéant.</p> <p>Pour plus de recommandations, voir également le guide TS-G-1.1, paragraphes 606.1 à 619.2 et 634.1 à 649.3.</p>
<p><b>2.2.3</b></p>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine et normales.</p> <p>Cela devrait être effectué de façon adaptée à la démonstration de l'intégrité du confinement pour tous les aspects pertinents selon les paragraphes 606 à 619 et 634 à 649 (en particulier les paragraphes 639 à 643).</p> <p>Il est recommandé de veiller à définir les contenus avec précision. Les hypothèses et démonstrations sont différentes selon les contenus.</p> <p>Il est recommandé de veiller à démontrer la capacité à supporter la pression</p>

**Colis de type A**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>ambiante réduite due à l'altitude rencontrée pendant le transport (paragraphe 643 et paragraphe 619 le cas échéant).</p> <p>Lorsqu'une <i>matière radioactive</i> sous forme spéciale fait partie de l'enveloppe de confinement, il est recommandé de prendre en considération le comportement qu'aurait la matière sous forme spéciale en conditions de transport de routine et normales.</p>
<p><b>2.2.4</b></p>	<p>À respecter pour les conditions de transport de routine et normales.</p> <p>Voir paragraphe 645 et TS-G-1.1, paragraphes 645.1 et 645.2.</p> <p>Si des méthodes de calcul sont utilisées, les calculs des termes source devraient prendre en compte les interactions, les émissions secondaires et les facteurs de multiplication le cas échéant. Les recommandations appropriées de la CIPR devraient être prises en compte. Si des mesures sont utilisées, la source de rayonnement devrait être représentative des contenus radioactifs du <i>modèle de colis</i>.</p> <p><i>Conditions de transport de routine</i></p> <p>Une analyse de la protection contre les rayonnements devrait être effectuée de façon adaptée à la démonstration du respect de toutes les exigences en vigueur en termes d'intensité de rayonnement, selon les paragraphes 531 et 532.</p> <p><i>Conditions normales de transport</i></p> <p>Si le <i>colis</i> était soumis aux épreuves indiquées aux paragraphes 719 à 724, il doit être garanti que l'intensité de rayonnement maximale à la surface externe du <i>colis</i> n'augmenterait pas de plus de 20 % selon le paragraphe 646.</p> <p>Il est recommandé de veiller à définir avec précision le système d'arrimage à l'intérieur du <i>colis</i> le cas échéant (par exemple, le transport d'outils contaminés) afin d'empêcher tout déplacement des contenus qui entraînerait une augmentation de plus de 20 % de l'intensité de rayonnement maximale.</p>

## *Colis de type A*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir selon les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>2.2.5</b>	Le cas échéant, voir également l'annexe 5.
--------------	--

# Annexe 4

## **Colis de type B(U), de type B(M) et de type C**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.1</b>	À respecter
<b>1.2</b>	À respecter
<b>1.3</b>	<p>À respecter – y compris le point 1.3(g) lorsque les contenus sont des matières fissiles ou des matières fissiles exceptées.</p> <p>(d) Un certificat d'agrément valide pour les matières radioactives sous forme spéciale devrait être disponible si une telle <i>matière</i> est prévue comme contenu; un certificat d'agrément valide pour une matière radioactive faiblement dispersable doit être disponible si une telle <i>matière</i> est prévue comme contenu.</p> <p>(g) Si le colis contient des matières fissiles exceptées, la conformité avec les dispositions du paragraphe 672 du règlement TS-R-1 pour les quantités exceptées devrait être justifiée ; si le colis contient des matières fissiles non exceptées, se reporter à l'annexe 5.</p> <p>La description des contenus et de leurs formes physiques, chimiques et radioactives devrait être suffisamment précise pour permettre d'évaluer les justifications des performances requises du confinement, de la protection contre les rayonnements, de la sûreté-criticité et de la protection contre la chaleur.</p> <p>La description devrait inclure toutes les dimensions (plans), les nuances de matière et les propriétés mécaniques qui sont utilisées pour démontrer les performances requises en termes de sûreté.</p> <p>La description devrait inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le nombre total de A<sub>2</sub> ou de A<sub>1</sub> dans les contenus ;</li> <li>• le cas échéant, le taux de combustion maximal et le temps de refroidissement</li> </ul>

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>minimal ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la composition et la masse des matières hydrogénées qui peuvent interagir avec les contenus (pour la multiplication des neutrons ou la radiolyse).</li> </ul> <p>Les propriétés des matières devraient être indiquées pour les températures allant de -40 °C à la température maximale en conditions normales de transport.</p>
<b>1.4</b>	<p>À respecter</p> <p>(g) le cas échéant, voir l'annexe 5</p> <p>(e) peut être assuré par les matières radioactives sous forme spéciale le cas échéant (voir également le commentaire du point 1.3 (d) ci-avant)</p>
<b>1.5</b>	<p>À respecter</p>
<b>1.6</b>	<p>Les paragraphes appropriés comme indiqué dans le tableau 1 pour le <i>colis</i> de type B(U), de type B(M) ou de type C devraient être examinés.</p>
<b>1.7</b>	<p>À respecter</p> <p>La description détaillée des méthodes utilisées pour les vérifications et essais de fonctionnement, en particulier ceux requis aux paragraphes 501 (a), 502, 508, 526, 531 et 532. Pour les opérations de séchage, la méthode utilisée devrait empêcher la formation de glace. Pour l'essai d'étanchéité, lorsque l'autorité compétente accepte les méthodes utilisant les critères relâchés, les méthodes qualifiées de détection de défauts (susceptibles de créer, en conditions de fonctionnement, une fuite à un débit supérieur à celui admissible) devraient être mises en œuvre (voir 2.2.3).</p> <p>L'absence de défauts devrait être supportée par une procédure d'inspection spécifique avec une qualification appropriée. Le contrôle des couples de serrage de la boulonnerie et de la position correcte du couvercle ainsi que l'ajustement de la</p>

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	nature et de la pression de l'atmosphère interne devraient être spécifiés.
<b>1.8</b>	<p>À respecter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La description détaillée des activités de maintenance, en particulier :</li> <li>• les contrôles périodiques des composants de l'enveloppe de confinement (vis, boulons, soudures, joints toriques, etc.) ;</li> <li>• les contrôles périodiques des organes d'arrimage et de manutention, etc. ;</li> <li>• la définition de la périodicité du remplacement des composants de l'emballage devrait prendre en compte toute réduction de performance due à l'usure, à la corrosion, au vieillissement et à la perte de compression des joints avec le temps, etc.</li> </ul> <p>La justification de la périodicité des vérifications, lorsque cela est nécessaire, peut être introduite dans cette section.</p>
<b>1.9</b>	<p>À respecter (voir paragraphe 306). Le système de management (de la qualité) doit être adapté à la complexité du <i>modèle de colis</i> afin de garantir que le colis est conçu et éprouvé si nécessaire pour démontrer sa conformité avec les exigences réglementaires. Celui-ci doit inclure un système de vérification de documents efficace.</p> <p>Le système de management (de la qualité) devrait également garantir que les exigences et les normes de fabrication, d'inspection avant la première utilisation et d'inspections ultérieures en cours d'utilisation (pour une utilisation répétée de l'emballage), de maintenance, d'exploitation (chargement, déchargement, transport) sont clairement définies dans le PDSR.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le PDSR devrait décrire les principes et les exigences des systèmes de</li> </ul>



# Annexe 4

## **Colis de type B(U), de type B(M) et de type C**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>management de la qualité qui ont été et seront appliqués à toutes les activités impliquées dans le transport de matières radioactives et/ou fissiles à l'intérieur du colis analysé (conception comprenant la modification de conception, la qualification, les études sur la sûreté, la fabrication, la mise en service, la préparation au transport, le chargement, le transport, le transit, le déchargement, la maintenance).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le PDSR devrait définir et classer tous les composants significatifs de sûreté avec, pour chacune des fonctions de sûreté associées, les paramètres à garantir pour la maintenance de ces fonctions et le nombre de vérifications à effectuer pendant la fabrication.</li> <li>• Le PDSR devrait justifier la qualification des codes de calcul utilisés pour la vérification.</li> <li>• Pour d'autres recommandations détaillées, voir [10].</li> </ul>
<b>1.10</b>	À respecter
<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	À respecter
<b>2.1.3</b>	(a) Lorsqu'une campagne d'essais est mise en œuvre pour un <i>modèle de colis</i> spécifique à faire approuver par des autorités compétentes, la campagne devrait être notifiée avant le programme d'essais et l'autorité compétente devrait pouvoir assister aux essais.

# Annexe 4

## **Colis de type B(U), de type B(M) et de type C**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

**2.1.4** Concernant l'évaluation des effets concernant la radiolyse et/ou la thermolyse sur les caractéristiques de performance du *modèle de colis*, ce qui suit devrait être considéré :

- dans tous les cas où de l'eau ou des matières hydrocarbonées est/sont présentes (cellulose, polymères, solutions aqueuses ou organiques, humidité absorbée), des preuves de l'absence du risque d'accumulation de gaz combustibles dépassant la limite de concentration pour l'inflammabilité devraient être incluses.
- L'utilisation de codes de calcul pour justifier l'absence de danger induit par les phénomènes de radiolyse dans un colis est acceptable si ces codes sont qualifiés par des mesures expérimentales incorporant la composition chimique de l'environnement considéré et des paramètres physiques tels que la température, la pression, le gaz de remplissage, etc. Dans le cas contraire, une approche progressive et prudente devrait être adoptée, en considérant un contrôle expérimental à un niveau d'activité réduit des contenus, et effectuée, par exemple, pendant les premiers transports afin de recalibrer les codes utilisés.
- Lorsque le phénomène de radiolyse limite la durée de transport maximale, cette durée devrait obligatoirement intégrer les durées des opérations et interventions nécessaires en cas d'incident ou d'urgence.
- En cas de chargement de crayons combustibles inétanches, l'eau contenue dans les crayons devrait être prise en compte, sauf justification contraire.

De plus, le cas échéant, les risques de réactions chimiques ou physiques des matières qui réagissent avec l'eau ou l'oxygène, par exemple le sodium, l'UF<sub>6</sub>, le plutonium et l'uranium métallique, ou qui peuvent subir un changement de phase (solidification, fusion, ébullition, etc.) devraient être considérés.

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

<p><b>2.2.1</b></p>	<p>À respecter</p> <p><b>(i) Remarques générales</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La démonstration de la conformité avec les normes de performance (règlement TS-R-1) doit être réalisée par les méthodes énumérées dans le paragraphe 701 du règlement TS-R-1,.</li> <li>2. Les propriétés mécaniques des matériaux considérées dans la démonstration de sûreté devraient être représentatives de la plage de propriétés mécaniques des composants du colis en considérant, par exemple, les plages de températures applicables comprises entre -40 °C et les températures maximales respectives des composants du colis en conditions normales de transport.</li> <li>3. <i>Par exemple, les points suivants devraient être considérés :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les impacts sur le comportement du colis dus à des variations des propriétés d'absorption de chocs des matériaux absorbant les chocs (bois, polymères, plâtre, béton, etc.) dans une plage de températures allant de -40 °C à la température maximale en conditions normales de transport, ou à l'humidité devraient être analysés.</li> <li>• La sûreté vis-à-vis des ruptures fragiles à -40 °C de composants de l'enveloppe de confinement constitués de matériaux potentiellement fragiles (par exemple, aciers ferritiques, fonte) devrait être analysée.</li> <li>• La résistance des vis de fixation du couvercle devrait être justifiée pour toutes les orientations de chute.</li> <li>• De préférence, éviter d'utiliser, dans le domaine plastique, des composants de l'enveloppe de confinement tels que la boulonnerie et les portées de joint (car cela nécessiterait d'autres preuves complexes sur la mécanique de la rupture ou le maintien d'une surface de portée suffisante, etc.).</li> </ul> </li> </ol>
---------------------	---

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un endommagement possible des joints métalliques après une chute due à des vibrations ou un glissement du couvercle devrait être évalué.</li> <li>• Vérifiez que les composants internes ne sont pas susceptibles d'endommager l'enveloppe de confinement.</li> <li>• L'état de l'enveloppe de confinement devrait être déterminé afin de démontrer les exigences du point 2.2.3 dans la plage de températures concernée (-40 °C, température maximale en conditions accidentelles de transport).</li> <li>• Maintien, après les essais mécaniques en conditions accidentelles de transport, d'une protection thermique suffisante pour garantir le confinement et les autres fonctions de sûreté.</li> <li>• Vérification du comportement mécanique du contenu et du panier.</li> <li>• L'effet de l'essai thermique sur le comportement mécanique des composants du colis devrait être considéré (par exemple, contraintes et tensions thermiques, interactions thermo-mécaniques entre les composants du colis).</li> <li>• Preuve de la capacité à supporter la pression maximale en conditions normales et accidentelles de transport (en prenant en compte le feu et la radiolyse, les modifications physiques, les réactions chimiques, etc.).</li> <li>• Prise en compte de l'essai par immersion dans l'eau approprié en fonction de l'activité du contenu du colis.</li> <li>• Concernant les colis dont le transport s'effectue avec une cavité contenant de l'eau, le PDSR devrait démontrer que la présence d'eau ne remet pas en cause la validité du contrôle d'étanchéité de l'enveloppe de confinement, par colmatage des chemins de fuite.</li> <li>• Analyse de l'influence de tout dispositif décrit au point 1.4 (m) sur les performances du colis en conditions accidentelles de transport, si nécessaire.</li> </ul>
--	--

## Annexe 4

### **Colis de type B(U), de type B(M) et de type C**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

#### **(ii) Essai de chute expérimental**

1. Détermination des positions et séquences d'essais de chute les plus sévères en considérant les objectifs de protection (confinement, sûreté-criticité, protection contre les rayonnements).
2. Essais de chute de 9 m (horizontal, fouettement, vertical, oblique) et essais de perforation de 1 m qui maximisent les sollicitations du colis (telles que contrainte, tension, accélération et déformation) en considérant les différents composants du colis (corps de l'emballage, système de fermeture, capot de protection contre les chocs, etc.). Les positions d'essai de chute devraient être choisies de manière à couvrir les sollicitations maximales pour chaque composant du colis.

*Par exemple, les aspects suivants devraient être considérés :*

- les essais de chute qui maximisent les contraintes et l'accélération (à plat, fouettement, etc.) : plus la zone d'impact est grande, plus l'impact sera dur (en supposant une résistance à l'écrasement surfacique constante).
- Les essais de chute qui maximisent la déformation (en coin, sur arêtes, etc.) : au contraire, plus la zone d'impact est petite, plus l'écrasement sera important.
- Les essais de chute qui maximisent les endommagements des orifices, notamment par la barre (poinçon). Les composants de confinement dans les orifices sont souvent minces et plus susceptibles d'être endommagés par le poinçon que le corps de l'emballage.
- Les essais de chute qui maximisent le risque de perforation par un poinçon, éventuellement oblique : si la surface impactée sur le colis est oblique par rapport au poinçon, l'impact initial se produit sur un bord du poinçon et le

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>risque de perforation est nettement plus élevé.</p> <p>3. Pour les maquettes d'essai à échelle réduite, une géométrie similaire ou conservatrice et les mêmes propriétés de matériau devraient être utilisées comme pour la conception d'origine.</p> <p>4. Il est recommandé de garantir que les résultats de l'essai de chute avec des maquettes à échelle réduite couvrent et/ou sont transférables à la conception d'origine.</p> <p>5. Représentativité des essais de chute effectués avec des modèles à échelle réduite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauteurs de chute : lorsque les démonstrations de la résistance mécanique d'un colis sont basées sur des essais avec des maquettes à échelle réduite, il peut être nécessaire d'augmenter les hauteurs de chute pour simuler l'énergie potentielle totale qui aurait été reçue par le colis à pleine échelle. Cela devrait être considéré en particulier pour les essais de chute où la déformation caractéristique de la structure n'est pas négligeable par rapport à la hauteur de chute.</li> </ul> <p>6. Mise à l'échelle géométrique appropriée de tous les composants de l'enveloppe de confinement (couvercles, écrous et boulons, gorges de joint, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Joints métalliques : même conception, même matériau et transformation homothétique par rapport à la restitution élastique.</li> <li>• Joints toriques : la similarité devrait reposer sur la restitution élastique utile prenant en compte la déformation rémanente à la compression. La modification des propriétés du matériau selon les conditions de température devrait être prise en compte.</li> <li>• La mise à l'échelle des couples de serrage pour la boulonnerie des maquettes à échelle réduite devrait prendre en compte la dispersion des conditions de frottement, la précision des couples et les limites techniques dans une mise à</li> </ul>
--	--

# Annexe 4

## **Colis de type B(U), de type B(M) et de type C**

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>l'échelle géométrique et physique exacte des composants de l'enveloppe de confinement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Joints de soudure similaires.</li> <li>• Dans le cas d'essais de chute avec des maquettes à échelle réduite conduisant à des déformations significatives des composants de protection contre les chocs, le comportement du colis d'origine devrait être soigneusement justifié.</li> </ul> <p><b>(iii) Calcul</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Voir points 1. et 2. de (ii).</li> <li>2. Les calculs devraient être utilisés uniquement avec des modèles de calcul vérifiés et validés. Il est recommandé de prouver que les paramètres d'entrée (lois de comportement des matériaux, valeurs caractéristiques, limites d'applicabilité, etc.) décrivent suffisamment et précisent les problèmes techniques/physiques réels.</li> <li>3. Si des incertitudes demeurent quant aux paramètres d'entrée majeurs (par exemple, lois de comportement des matériaux), des calculs conservatifs considérant le domaine de variation possible des propriétés des matériaux devraient être effectués afin d'évaluer le respect des critères techniques (par exemple, contraintes, déformations, températures).</li> <li>4. Toutes les données utilisées (lois de comportement des matériaux, conditions limites, hypothèses de chargement, etc.) et tous les résultats de calcul devraient être documentés en détail et de manière compréhensible.</li> </ol>
<p><b>2.2.2</b></p>	<p>À respecter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise en compte de l'ensoleillement sur une période de 12 heures selon le paragraphe 655 du règlement TS-R-1. La moyenne sur 24 heures ne devrait pas être acceptée.</li> </ul>

## Annexe 4

### ***Colis de type B(U), de type B(M) et de type C***

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise en compte de la présence de systèmes de protection susceptibles d'entraver la dissipation thermique en conditions normales de transport : bâches, abris, écrans supplémentaires, suremballages (conteneurs, caissons, etc.), le cas échéant.</li> <li>• Justification des hypothèses simplificatrices utilisées pour le calcul en conditions normales et accidentelles de transport (par exemple, l'absence de tourillons).</li> <li>• Le <i>modèle de colis</i> en conditions accidentelles de transport devrait être analysé dans la position la plus pénalisante (horizontale ou verticale).</li> <li>• L'ensoleillement avant et après l'épreuve thermique devrait être pris en compte conformément au règlement TS-R-1, paragraphe 728.</li> <li>• L'absorptivité de la surface externe du colis ne devrait pas être inférieure à 0,8, sauf justification supplémentaire (voir paragraphe 728(a)), pendant et après l'épreuve thermique pour rendre compte des dépôts sur la surface du colis. De même, l'absorptivité ne devrait pas être inférieure à la valeur maximale possible de l'émissivité en conditions de transport de routine.</li> <li>• L'évaluation des températures minimales/maximales des divers composants du <i>modèle de colis</i> devrait prendre en compte toutes les positions possibles des contenus radioactifs.</li> <li>• Le profil de puissance thermique selon la distribution du taux de combustion dans les combustibles irradiés devrait être pris en compte dans les analyses thermiques.</li> <li>• Lorsque l'analyse thermique est basée sur les résultats d'essais, il est recommandé de justifier la réalisation des mesures de température à l'équilibre thermique.</li> <li>• Lorsque l'essai thermique est effectué dans un four et que la combustion de certains composants du colis est observée, la concentration en oxygène</li> </ul>
--	---



# Annexe 4

## *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<p>présent dans l'environnement du four devrait être vérifiée et conforme à celle obtenue dans un feu d'hydrocarbure. De plus, le contrôle de la puissance thermique du four devrait être examiné de façon approfondie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'influence des matériaux combustibles qui génèrent un apport de chaleur supplémentaire et qui ont un impact sur la durée du feu devrait être prise en compte dans les analyses de sûreté.</li> <li>• Les marges de sécurité sur les résultats de température obtenus à l'aide de la modélisation numérique devraient être en rapport avec l'incertitude associée au modèle numérique.</li> <li>• L'analyse de l'influence des dispositifs figurant au point 1.4 (m) en conditions de feu sur les performances du colis, le cas échéant.</li> <li>• La démonstration du fait que le volume disponible dans les gorges de joint permet la dilatation thermique du joint en conditions normales et accidentelles de transport, sauf justification appropriée apportée.</li> </ul>
<p><b>2.2.3</b></p>	<p>À respecter</p> <p>L'évaluation technique devrait démontrer la conformité avec le critère de relâchement en conditions normales et accidentelles de transport. La prise en compte de tous les relâchements possibles, sous la forme de gaz, de liquides, de solides ou d'aérosols, par des fuites ou par perméation devrait être incluse.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions accidentelles de transport : la résistance mécanique des assemblages de combustibles irradiés par rapport à la pression interne devrait être évaluée. Le risque de rupture dû au fluage des gaines sous l'effet de la pression interne devrait être évalué, en prenant en compte les propriétés mécaniques des gaines pour les conditions de température en conditions normales de transport et pour le taux de combustion des assemblages de combustibles irradiés, en combinaison à l'essai de chute libre.</li> </ul>

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'analyse de l'état des assemblages combustibles irradiés en conditions accidentelles de transport (risque de fissuration ou de rupture des gaines des crayons combustibles au niveau des extrémités) devrait être incluse si nécessaire à des fins de démonstration de sûreté.</li> <li>• Justification du pourcentage de relâchement de gaz de fission hors de la matière combustible.</li> <li>• La présence de débris et d'aérosols dans la cavité de l'emballage contenant les combustibles irradiés dans le cas d'une rupture complète avec cisaillement des gaines devrait être considérée.</li> <li>• La formation d'aérosols pour les contenus constitués de matières en poudre devrait être considérée en conditions accidentelles de transport.</li> <li>• Le comportement à long terme du matériau du joint devrait être considéré.</li> <li>• Une réduction de la pression ambiante à 60 kPa devrait être considérée pour l'évaluation du relâchement d'activité.</li> </ul>
<p><b>2.2.4</b></p>	<p>À respecter.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La conformité avec les limites de débit de dose en conditions de transport de routine, normales et accidentelles devrait être démontrée pour le <i>contenu radioactif</i> maximal ou un contenu qui créerait des débits de dose maximum à la surface du <i>colis</i> et à des distances définies dans les réglementations (paragraphe 530 à 532, 646(b), 657(b)(i) ou 669(b) selon le cas).</li> <li>• L'analyse des débits de dose devrait être effectuée de manière à ce que, en particulier, la surface du <i>colis</i> ayant des débits de dose maximum soit identifiée et analysée comme, par exemple, les zones de tourillons, les zones contenant des jeux qui entraînent des « fuites de rayonnement » et d'autres zones où les débits de dose sont susceptibles d'être augmentés par conception, pièces de protection d'épaisseur réduite (points faibles de protection contre les rayonnements).</li> </ul>

## Annexe 4

### *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur la base de l'analyse des débits de dose, les <i>contenus radioactifs</i> maximums du <i>modèle de colis</i> devraient être justifiés par divers paramètres et méthodes comme, par exemple, les valeurs d'activité spécifique des nucléides, les termes source spécifiques aux nucléides pour les émetteurs gamma et neutron et autres selon le cas.</li> <li>• Si des mesures sont réalisées pour démontrer la conformité avec les limites de débit de dose, alors des sources de rayonnement représentatives devraient être choisies ainsi que des techniques de mesure de débit de dose étalonnées appropriées, utilisées pour le rayonnement gamma et neutronique, selon le cas.</li> <li>• Toutes les méthodes de calcul utilisées dans le cadre de l'analyse du débit de dose devraient être qualifiées et validées pour les conditions spécifiques du <i>modèle de colis</i> auxquelles elles s'appliquent. Les calculs du débit de dose devraient prendre en compte les recommandations actuelles de la CIPR.</li> <li>• Les zones prévues de pics de débits de dose à contrôler avant expédition devraient être précisées.</li> <li>• Des preuves devraient être fournies afin de démontrer le maintien des sources dans leur position de stockage dans les irradiateurs (dans les conditions des séquences d'essais de chute), le cas échéant.</li> <li>• La fusion locale des matériaux assurant une protection contre les rayonnements en conditions de feu devrait être considérée, le cas échéant, en prenant en compte les effets de la barre (poinçon) ou la démonstration du fait que cette fusion est limitée au volume qui est compatible avec les critères de débit de dose réglementaires en conditions accidentelles de transport.</li> <li>• Une justification de la hauteur de consolidation du plomb (tassement) après l'épreuve de chute de 9 m en prenant en compte la température du plomb en conditions normales de transport devrait être fournie, le cas échéant.</li> </ul>
--	---

# Annexe 4

## *Colis de type B(U), de type B(M) et de type C*

Recommandations supplémentaires spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis.

D'autres recommandations figurent également dans le guide TS-G-1.1

Pour les colis conçus pour contenir de la matière fissile (non exceptée), voir en outre l'annexe 5.

Pour les colis conçus pour contenir au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium, voir en outre l'annexe 6.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation des risques associés aux phénomènes de ségrégation (par exemple, la précipitation de sels en solution).</li> <li>• Justification de l'absence de perte de protection contre les rayonnements qui aurait pour conséquence une augmentation de plus de 20 % du débit de dose maximal en conditions normales de transport.</li> </ul>
<b>2.2.5</b>	Le cas échéant, voir également l'annexe 5.

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.2</b>	<p>À respecter.</p> <p>1.2(e) – En cas de transport par avion, les exigences relatives au comportement dans les conditions des épreuves des paragraphes 680(a) et (b) du règlement TS-R-1, devraient être présentées pour un seul <i>colis</i>.</p>
<b>1.3</b>	<p>1.3(c) et (i) – La sûreté-criticité peut être très sensible à la présence et l'agencement géométrique des matières fissiles (par exemple, la possibilité et la taille des agencements en réseaux), des modérateurs (eau, graphite, béryllium et autres éléments légers) et des réflecteurs. Cela devrait être pris en compte dans la description des contenus (autorisés et non autorisés).</p> <p>1.3(g) – À respecter.</p> <p>Décrire également les quantités de nucléides pouvant soutenir une réaction en chaîne et n'étant pas définies comme des matières fissiles : si certains actinides peuvent être présents en quantité ou concentration suffisante pour augmenter le facteur de multiplication de neutrons, leur concentration et/ou leur quantité devraient être définies.</p> <p>Toutes les variantes de contenus devraient être définies.</p>
<b>1.4</b>	<p>1.4(g) à respecter</p> <p>Concernant la description du système d'isolement, il est recommandé de confirmer s'il existe un risque de vidange différentielle des volumes internes pendant la préparation du colis en cas d'incident ou d'accident.</p>
<b>1.5</b>	<p>À respecter</p> <p>Toutes les hypothèses sur l'état du colis utilisées dans l'évaluation de sûreté-criticité en conditions normales et accidentelles de transport devraient être énumérées et</p>

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

	<p>correctement justifiées. L'état des composants du système d'isolement en conditions normales et accidentelles devrait être déduit de la conception et du comportement du colis dans ces conditions d'épreuve. Dans le cas contraire, il est recommandé de prendre en compte des hypothèses conservatives et de démontrer ce caractère conservatif.</p> <p>La plupart du temps, les conditions d'épreuve conduisant à un dommage maximal en termes de relâchement d'activité ou d'augmentation du débit de dose n'aboutissent pas à une multiplication maximale des neutrons. Par conséquent, pour l'évaluation de sûreté-criticité, il peut être nécessaire de prendre en compte des conditions d'épreuve différentes. Pour tout paramètre non justifié, la valeur conduisant à la multiplication maximale des neutrons devrait être identifiée et utilisée dans l'évaluation de sûreté-criticité. Dans le cas où un remplissage complet ou partiel des cavités en eau est important pour la sûreté-criticité, les états de remplissage considérés et ceux exclus de l'évaluation devraient être décrits et correctement justifiés.</p>
<b>1.6</b>	<p>À respecter</p> <p>Les paragraphes appropriés, comme indiqué dans le tableau 1 pour les colis contenant des matières fissiles, devraient être examinés.</p>
<b>1.7</b>	<p>À respecter, en particulier (b).</p> <p>Vérifier la présence de barres d'absorbant neutronique ou la sélection d'aménagements internes intégrant la quantité nécessaire d'absorbant neutronique, le cas échéant.</p>
<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	<p>À respecter.</p> <p>Des recommandations utiles sur les évaluations de sûreté-criticité figurent dans l'annexe VII du guide TS-G-1.1 (ST-2) de l'AIEA. Des informations sur l'utilisation</p>

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

	<p>du « crédit burn-up » dans les évaluations de sûreté-criticité de combustibles nucléaires épuisés peuvent être trouvées dans les publications du groupe d'experts de NEA WPNCs sur la sûreté-criticité du « crédit burn-up » (voir <a href="http://www.nea.fr/html/science/wpncs/buc/index.html">http://www.nea.fr/html/science/wpncs/buc/index.html</a>) et des réunions de l'AIEA à ce sujet.</p>
<b>2.2.1</b>	<p>2.2.1. 2.2.1(c) et 2.2.1(d) à respecter.</p> <p>Cela inclut la stabilité mécanique de la matière fissile et de toute structure qui est utilisée pour maintenir sa géométrie, si nécessaire pour l'évaluation de sûreté-criticité. D'autres éléments pertinents relatifs à la sûreté-criticité à considérer sont, par exemple, une fuite d'eau à l'intérieur ou à l'extérieur du colis (en totalité ou en partie), le réagencement de la matière fissile et la dégradation de pièges neutroniques.</p> <p>En cas de transport par avion, les exigences en termes de transport aérien des paragraphes 680(a) et (b) du règlement TS-R-1 devraient être présentées pour un colis isolé, alors que pour les réseaux de colis en conditions accidentelles de transport les exigences d'épreuve du paragraphe 682(b) s'appliquent.</p> <p>Les exigences selon le paragraphe 634 devraient être satisfaites.</p> <p>Voir également les remarques du point 1.5.</p>
<b>2.2.2</b>	<p>2.2.2(c) et 2.2.2(d) à respecter.</p> <p>Voir également les remarques du point 2.2.1.</p>
<b>2.2.5</b>	<p>À respecter.</p> <p>Voir également les remarques des points 1.3, 1.5, 2.1 et 2.2.1.</p> <p>Les éléments types suivants, le cas échéant, devraient être pris en compte dans l'analyse de criticité (cette liste n'est toutefois pas exhaustive) :</p> <p>A) Contenus</p>

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

	<p>i) Les justifications devraient rendre compte de toutes les configurations possibles avec toutes les caractéristiques géométriques et physiques possibles (tolérances dimensionnelles, positions des composants, masse volumique des poudres en conditions normales ou accidentelles).</p> <p>ii) Si des matières dont la concentration en hydrogène est supérieure à celle de l'eau peuvent être présentes dans le colis, la démonstration de la sûreté-criticité devrait prendre en compte ces matières.</p> <p>iii) Si de l'uranium naturel ou appauvri est présent dans le colis, il devrait être pris en compte dans la justification de sûreté-criticité avec les hypothèses appropriées par rapport aux quantités et à la localisation.</p> <p><b>B) Configurations à analyser</b></p> <p>i) Considérer les preuves de sous-criticité pour les colis isolés en conditions de transport de routine, normales et accidentelles et les réseaux de colis en conditions normales et accidentelles de transport.</p> <p>ii) Colis où des caractéristiques spéciales ne permettant aucune pénétration de l'eau sont considérées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• concernant les colis isolés, pour lesquels la sous-criticité est démontrée en supposant l'absence de pénétration d'eau, des quantités limitées d'eau devraient néanmoins être considérées, lesquelles correspondent aux quantités qui pénétreraient dans le colis au cours de l'essai d'immersion sous 0,9 m d'eau pendant 8 heures.</li> <li>• Concernant les colis isolés, pour lesquels la sous-criticité est démontrée en considérant la non-pénétration d'eau, le requérant devrait également garantir la sûreté-criticité du colis isolé non endommagé par pénétration d'eau pour couvrir les cas susceptibles de se produire pendant la préparation du colis y compris en cas d'erreur</li> </ul>
--	--



**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

	<p>humaine.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans le cas d'une pénétration limitée d'eau, des distributions d'eau non homogènes devraient être considérées.</li> </ul> <p>iii) Concernant le transport par avion, le colis isolé endommagé devrait faire l'objet d'une évaluation par rapport aux dommages provenant des épreuves de type C avec une réflexion par 20 cm d'eau, sans aucune pénétration d'eau. En cas d'absence d'une démonstration du comportement mécanique du <i>modèle de colis</i> et du contenu, des configurations enveloppes typiques devraient être considérées, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la matière fissile (sans prendre en compte l'eau provenant de l'extérieur du colis) sous forme sphérique réfléchi par 20 cm d'eau ;</li> <li>• la matière fissile sphérique (sans prendre en compte l'eau provenant de l'extérieur du colis) entourée par les matériaux réflecteurs du colis (acier, plomb, etc.) et réfléchi par 20 cm d'eau ;</li> <li>• la matière fissile mélangée aux matériaux du modérateur de colis, réfléchi par 20 cm d'eau.</li> </ul> <p>iv) En modélisation, tous les éléments des structures en acier ou autres matériaux (aluminium, titane, etc.) susceptibles d'augmenter la multiplication des neutrons devraient être pris en compte.</p> <p>v) Le requérant devrait vérifier la qualification des outils de calcul de criticité et devrait préciser les expériences critiques représentatives de la configuration du transport envisagé. Il convient de porter une attention particulière aux environnements (environnements faiblement modérés, assemblages de combustibles, etc.) pour lesquels la base de qualification n'est pas très étendue et pour lesquels il est souhaitable d'utiliser des modèles de calcul suffisamment conservatifs (hypothèses de calcul) et fournissant des marges</p>
--	--

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant des *matières fissiles***

Recommandations additionnelles spécifiques relatives aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives des contenus, voir les annexes 2 à 4 et 6. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

	<p>afin de compenser le manque de qualification, le cas échéant.</p> <p>vi) Le cas échéant, les justifications devraient prendre en compte toutes les plages possibles de masses et de modérations.</p> <p>vii) Il convient d'étudier, pour certaines configurations pour lesquelles les interactions peuvent être prépondérantes, l'impact des variations de masse volumique du milieu fissile.</p> <p>viii) Considérer les formes hétérogènes des matières fissiles telles que transportées.</p> <p>ix) Pour le combustible irradié contenant initialement du plutonium, considérer un taux de combustion conservatif qui prenne en compte l'évolution possible de la réactivité pendant l'irradiation.</p> <p>C) Dommages à considérer</p> <p>i) L'absence ou l'étendue des dommages subis par la matière fissile en conditions accidentelles de transport devrait provenir d'une analyse structurelle et thermique, selon le cas (voir points 2.2.1 et 2.2.2).</p> <p>ii) L'absence ou l'étendue des dommages subis par les structures internes du colis en conditions accidentelles de transport devrait provenir d'une analyse structurelle et thermique, selon le cas (voir points 2.2.1 et 2.2.2).</p> <p>iii) Tout dommage subi par les matériaux modérateurs en conditions accidentelles devrait être pris en compte.</p>
--	---

**Recommandations additionnelles pour les *colis* contenant au moins 0,1 kg d'hexafluorure d'uranium**

Recommandations additionnelles relative aux informations à fournir dans les parties 1 et 2 du Rapport de sûreté du modèle de colis. Elles s'appliquent en supplément à celles qui sont spécifiques au type de colis défini par les propriétés radioactives et fissiles des contenus, voir les annexes 2 à 5. D'autres recommandations figurent dans le guide TS-G-1.1.

<b>Partie 1</b>	
<b>1.1</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>1.2</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>1.3</b>	À respecter dans sa totalité - sauf (f).  Pour représenter les limites issues de toutes les analyses de la partie 2, certains de ces paramètres peuvent être contradictoires, par exemple les températures et les <i>contenus radioactifs</i> autorisés ainsi que les chaînes de désintégration.
<b>1.4</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié - sauf (g)
<b>1.5</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>1.6</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>1.7</b>	Conformité avec le paragraphe 419
<b>1.8</b>	Conformité avec la norme ISO 7195 et le paragraphe 629
<b>1.9</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>1.10</b>	À respecter
<b>Partie 2</b>	
<b>2.1</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>2.2.1</b>	Conformité avec les paragraphes 630 a) et b)
<b>2.2.2</b>	Conformité avec le paragraphe 630 c)
<b>2.2.3</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>2.2.4</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié
<b>2.2.5</b>	Voir l'annexe relative au type de colis approprié