

Fontenay-aux-Roses, le 3 juillet 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2019-00154

Objet : Transport - Mise à jour du guide du requérant n° 7 de l'ASN - Tome 1

- Réf.
1. Lettre ASN CODEP-DTS-2018-013978 du 19 mars 2018.
 2. Guide de l'ASN relatif au transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique. Tome 1 : Demandes d'agrément et d'approbations d'expéditions - Guide N°7, Révision 2 du 15 février 2016.
 3. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition de 2018.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) des propositions d'évolution du guide du requérant cité en deuxième référence, en vue de sa prochaine mise à jour.

Ce guide concerne les demandes d'approbation d'expédition et d'agrément des modèles de colis ou de substances radioactives à usage civil transportés sur la voie publique. Outre les processus d'instruction de ces demandes, ce guide précise les préconisations de l'ASN concernant les méthodes et paramètres retenus pour les démonstrations de sûreté (annexe 1 du guide), le retour d'expérience des points soulevés lors des expertises techniques (annexe 2 du guide) et le contenu attendu des projets de certificats d'agrément transmis par les requérants (annexe 3 du guide).

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre 8 440 546 018

1 MISE A JOUR DES ANNEXES 1 ET 2 DU GUIDE

L'IRSN réalise l'expertise des démonstrations de sûreté transmises par les requérants en appui de leurs demandes d'agrément pour les modèles de colis de types B, C ou contenant des matières fissiles ou de l'hexafluorure d'uranium. Le principal objectif de ces justifications est de démontrer le respect des exigences applicables du règlement de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) cité en troisième référence. Par ailleurs, l'IRSN expertise les démonstrations transmises dans le cadre des demandes d'autorisation de transport qui visent à confirmer que l'adjonction apportée au colis lors des transports ne met pas en cause le niveau de sûreté du modèle de colis.

Lors de ses expertises, l'IRSN relève des manques récurrents dans certaines démonstrations. Ce retour d'expérience est pris en compte dans l'annexe 2 du guide du requérant cité en deuxième référence. Depuis la dernière révision de ce guide, les évolutions réglementaires ainsi que les instructions menées par l'IRSN ont mis en évidence de nouveaux points de vigilance. Ainsi, l'IRSN a identifié des propositions de modification, de simplification et de complément de ce guide (cf. annexe 1 du présent avis) concernant :

- la description des composants du modèle de colis. Ces propositions visent en particulier à ce que la description des aménagements internes et des contenus chargés dans les emballages présentée dans le chapitre dédié du dossier de sûreté permette d'apprécier les hypothèses retenues dans les démonstrations de sûreté ;
- les démonstrations de sûreté relatives au comportement mécanique du colis. Sur ce point, les analyses du comportement mécanique des modèles de colis lors des épreuves réglementaires reposent usuellement sur des essais complétés par des calculs numériques. Toutefois, de plus en plus, ces analyses reposent uniquement sur des calculs numériques.

Aussi, une attention particulière doit être apportée au conservatisme des modélisations retenues. À cet égard, l'absence d'éléments de validation de ces modélisations reposant sur des essais représentatifs peut rendre difficile l'appréciation, d'une part du caractère pénalisant de certaines hypothèses, d'autre part des marges de sûreté.

Ceci concerne tout particulièrement l'étude par voie numérique du comportement des colis lors de l'épreuve réglementaire de chute sur poinçon qui fait, à ce jour, l'objet d'incertitudes en l'absence d'éléments probants de validation ;

- deux paragraphes ont été introduits dans l'édition 2018 du SSR-6 citée en troisième référence : le paragraphe 613 A, spécifiant que la conception de l'emballage doit tenir compte du vieillissement des éléments constitutifs de l'emballage, et le paragraphe 809 K, spécifiant qu'une procédure d'évaluation régulière des évolutions de la réglementation, des connaissances techniques et du modèle de colis doit être définie pour toute la phase d'entreposage du colis. Dans ce cadre, l'IRSN considère que le dossier de sûreté du colis devrait définir les paramètres de l'entreposage importants pour la sûreté du transport après entreposage (par exemple, maîtrise du vieillissement des gaines de combustible, de la corrosion par l'absence d'oxygène dans la cavité...) et les contrôles avant départ visant à garantir la sûreté du transport (couple de serrage des vis, performance des dispositions de radioprotection...);
- les études de comportement thermique des modèles de colis à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie. Des essais de feu ont mis en évidence des phénomènes spécifiques liés à la combustion de la mousse polyuréthane présente dans la structure de certains emballages. En effet, la pyrolyse de la mousse engendre une production de gaz chauds qui, s'ils ne sont pas évacués, peuvent engendrer une augmentation de la température des composants internes du colis. Or, les démonstrations de sûreté reposant sur des calculs, ne permettent pas d'appréhender les problématiques de combustion de ces matériaux. Aussi, pour les colis dont la structure contient de la mousse polyuréthane, des essais dédiés doivent être réalisés.

Par ailleurs, des points concernent les chapitres des dossiers de sûreté relatifs aux opérations de fabrication, d'utilisation et de maintenance des colis. Ils reposent, d'une part sur le retour d'expérience acquis dans le cadre des inspections réalisées par l'ASN, d'autre part sur des événements impliquant un transport de matière radioactive.

Concernant les demandes d'autorisation de transport des modèles de colis, le conservatisme des hypothèses retenues pour démontrer que l'adjonction apportée au colis lors des transports ne met pas en cause les démonstrations du dossier de sûreté, conformément au paragraphe 612 du règlement cité en troisième référence, n'est pas toujours suffisamment justifié. Aussi, l'IRSN propose de rajouter au guide du requérant un chapitre concernant ce sujet, tel que proposé en annexe 1 à l'avis.

Enfin, l'IRSN a identifié des points figurant dans l'annexe 2 du guide du requérant cité en deuxième référence qui apparaissent à ce jour traitées de manière globalement satisfaisantes par les requérants. Par souci de lisibilité du guide du requérant, ces points, listés en annexe 2 du présent avis, pourraient être supprimés. Enfin, l'IRSN estime que certains points du guide pourraient être actualisés afin de tenir compte du retour d'expérience acquis. Les propositions de reformulation de l'IRSN figurent en annexe 3 du présent avis.

2 PROJETS DE CERTIFICAT

À l'appui d'une demande d'agrément, le requérant transmet un projet de certificat, rédigé selon le canevas figurant en annexe 3 du guide du requérant. Lors des expertises, l'IRSN est fréquemment amené à proposer des modifications des projets de certificat pour notamment les rendre autoportants et améliorer leur compréhension par l'ensemble des intervenants impliqués dans les opérations de transport. Dans ce cadre, l'IRSN propose, en annexe 4 de l'avis, des ajouts à l'annexe 3 du guide du requérant cité en deuxième référence, en cohérence avec l'article 838 du règlement de l'AIEA cité en troisième référence relatif aux certificats d'agrément.

Les certificats d'agrément des modèles de colis permettant le transport d'un nombre important de contenus ou de combustibles MTR (Materials Testing Reactor) peuvent comporter un nombre important de pages, dû à la quantité conséquente d'informations décrivant les contenus transportés. À cet égard, le projet de certificat doit permettre aux différentes parties impliquées dans les opérations de transport d'accéder rapidement aux informations importantes pour la sûreté. Le retour d'expérience acquis par l'IRSN montre que les certificats précités contiennent un certain nombre d'informations n'ayant pas de lien avec la démonstration de sûreté, ce qui peut nuire à leur ergonomie. Aussi, l'IRSN considère que les requérants devraient se limiter dans les projets de certificat transmis aux points figurant dans l'article 838 de l'édition 2018 de la réglementation de l'AIEA, le cas échéant complétés des informations structurantes de la démonstration de sûreté. Ce point fait l'objet d'une proposition d'ajout au paragraphe 5 du guide du requérant (modèles de certificat d'agrément) présentée en annexe 4 de l'avis.

Par ailleurs, les projets de certificat transmis ne précisent pas toujours le ou les aménagements internes utilisés pour le transport d'un contenu donné, ce qui peut être source d'erreurs. Aussi, les certificats d'agrément devraient inclure un tableau synthétisant l'ensemble des combinaisons aménagement interne et contenu autorisées. Ce point fait l'objet d'une proposition d'ajout au paragraphe 5 du guide du requérant (modèles de certificat d'agrément) présenté en annexe 4 de cet avis.

Enfin, des informations structurantes de la démonstration de la sûreté du transport (restriction, note de calcul, élément de définition du contenu...) peuvent ne pas figurer pas dans le dossier de sûreté mais dans des pièces complémentaires (analyse spécifique, note d'études...). Régulièrement, l'IRSN propose d'ajouter ces informations dans les certificats d'agrément, de manière à formaliser leur prise en compte. Toutefois, ceci conduit à alourdir le certificat d'agrément du colis. Pour limiter cette pratique, l'IRSN estime important que les requérants, à l'appui de

chaque demande, veillent à mettre à jour les dossiers de sûreté pour intégrer notamment les compléments d'analyse et les modifications des précédentes instructions. Pour renforcer cette bonne pratique, l'IRSN propose d'ajouter ce point au paragraphe 3.4 du guide du requérant (demande de prorogation d'agrément) comme présenté en annexe 4 de cet avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2019-00154 du 3 juillet 2019
Propositions d'ajouts à l'annexe 2 du guide du requérant

1 Paragraphe 0 : Généralités

- 1.1 Le dossier de sûreté doit comporter une description détaillée des composants de l'emballage (dimensions, composition, densité...) et de leur fonction. Des plans côtés ainsi que les propriétés mécaniques et thermiques des composants doivent être fournis en tenant compte, d'une part de leur évolution sur la plage de températures réglementaire, d'autre part des tolérances d'approvisionnement et de fabrication. Le cas échéant, les modifications dues au vieillissement des matériaux doivent être prises en compte.
- 1.2 Le dossier de sûreté doit comporter une description des dispositifs mis en place pour limiter le risque de surpression dans la structure des composants de l'emballage. Pour ce qui concerne les dispositifs fusibles, leur fixation, leur composition et le point de fusion de la matière fusible doivent être spécifiés.
- 1.3 Les évidements présents sur les aménagements internes, y compris les cales, doivent être décrits dans le dossier de sûreté. Ceci concerne notamment les évidements prévus pour faciliter l'écoulement de l'eau lors des opérations de drainage et de séchage de la cavité du modèle de colis réalisées en préalable au transport.
- 1.4 Le bilan des jeux axiaux et radiaux entre le contenu, le cas échéant, l'aménagement interne, et le système de fermeture de l'enveloppe de confinement, sur la plage de températures représentative des conditions normales et accidentelles de transport de transport doit être précisé dans le dossier de sûreté. À cet égard, les tolérances de fabrication et la dilatation thermique des matériaux doivent être considérées.
- 1.5 Les crayons susceptibles de contenir de l'eau doivent être décrits de manière à apprécier la quantité d'eau résiduelle (dimensions des zones de rétention d'eau, taille et localisation des trous aménagés pour l'écoulement de l'eau...).
- 1.6 Pour les cylindres transportant de l'hexafluorure d'uranium qui ne sont pas lavés avant chaque remplissage, les résidus (pieds de cuve) doivent être caractérisés.
- 1.7 Pour tous les contenus entreposés préalablement au transport et après caractérisation ou contrôle, il doit être précisé dans le dossier de sûreté les conditions d'entreposage du contenu avant chargement dans la cavité de l'emballage (durée, environnement...) susceptibles d'induire un risque de création d'une atmosphère inflammable. Le cas échéant, il doit être indiqué si les contenus ont été chargés dans un aménagement réputé étanche qui a, par la suite, été entreposé sous eau.

2 Paragraphe 1 : Confinement

- 2.1 Les pressions maximales dans l'enveloppe de confinement du colis atteintes en CNT et CAT doivent être déterminées en considérant :
 - la pression des gaz initialement présents dans la cavité (gaz de remplissage) ;
 - l'air ayant pu rentrer dans l'enveloppe de confinement ;
 - la pression partielle des gaz relâchés hors du contenu, qu'ils soient radioactifs ou non ;
 - la présence éventuelle d'eau dans la cavité ou le contenu (crayons inétanches au chargement, etc.) ; dans ce cas, la pression de vapeur saturante de l'eau doit être considérée ;
 - la pression des gaz éventuellement formés par phénomènes de radiolyse, thermolyse, corrosion...

- 2.2 En cas d'utilisation d'un « critère relâché¹ », garantir l'absence de défauts susceptibles de créer, dans les conditions d'exploitation, une fuite de taux supérieur au débit de fuite maximal admissible (contrôles d'état et de propreté par exemple...) et la traçabilité de cette absence de défauts.
- 2.3 Un taux de compression minimal des joints de confinement supérieur à 15 % doit être visé dans toutes les conditions de transport sur la plage de températures réglementaire. Son évaluation doit tenir compte du phénomène de déformation rémanente à la compression (DRC).

3 Paragraphe 2 : Radioprotection

- 3.1 L'impact sur les débits de dose autour du colis de la dispersion possible, dans la cavité, de matière radioactive, en dehors des gaines des crayons combustibles notamment, doit être évalué en CAT.

4 Paragraphe 3 : Sûreté-criticité

- 4.1 La qualification du schéma de calculs de criticité pour les configurations étudiées doit être justifiée. Les expériences critiques représentatives de la configuration du transport envisagée doivent être précisées. Ce choix d'expériences doit tenir compte des caractéristiques de la matière fissile (composition, modération, présence de poison neutronique...) ainsi que des caractéristiques neutroniques (notamment le spectre neutronique).
- 4.2 Pour les matières fissiles sous la forme de crayons, aiguilles ou de plaques, l'état de la matière suite aux épreuves représentatives des CNT et CAT doit être pris en compte et justifié. Les conséquences potentielles sur la modélisation de la matière fissile sont les suivantes :
- relâchement de matière fissile en dehors de la gaine (soit toute la masse de matière fissile, soit une quantité limitée qui doit être justifiée). Ce risque est envisageable dans les situations couvertes par l'épreuve de chute de 9 m, mais également dans d'autres situations : par exemple, lors de l'épreuve de feu (risque d'éclatement à chaud sous pression des crayons/plaques combustibles), lors de l'épreuve de chute sur poinçon (en cas de perforation de l'emballage par le poinçon, pour certains colis en configuration oblique), etc. ;
 - glissement différentiel des crayons ou des plaques ;
 - expansion du réseau.
- 4.3 Lorsque des matériaux ou éléments ne sont pas pris en compte dans la démonstration de sûreté-criticité compte tenu de leur quantité pondérale (cas des matériaux présents à l'état de traces dans un contenu), il convient de quantifier leur abondance et de justifier leur absence d'impact sur la réactivité.
- 4.4 Pour un milieu fissile constitué d'un mélange d'uranium et de plutonium, il convient de retenir la teneur en plutonium qui conduit au maximum de réactivité.
- 4.5 Pour les emballages constitués de matériaux hydrogénés, la composition du matériau (notamment sa teneur en hydrogène) qui conduit au maximum de réactivité doit être prise en compte dans la démonstration de sûreté-criticité.
- 4.6 La présence de résidus uranifères de composition différente de l'UF₆ doit être prise en compte dans la démonstration de sûreté-criticité.

¹ Le critère relâché correspond à l'utilisation du taux de fuite garanti en maintenance pour la démonstration du respect du critère de 10⁻⁶ A₂/h en CNT (au lieu du taux de fuite garanti avant expédition).

- 4.7 Pour la pénétration limitée d'eau suite aux épreuves représentatives des CAT, la formation de résidus uranifères dont la teneur en hydrogène est supérieure à celle retenue pour la modération de l'UF₆ doit être considérée. Ces résidus doivent être positionnés afin de conduire au maximum de réactivité.
- 4.8 Le phénomène de flambement des crayons est susceptible de conduire à une augmentation de la réactivité. Ce phénomène doit être pris en compte dans la démonstration de sûreté-criticité, notamment lorsque l'irradiation du combustible est retenue.

5 Paragraphe 4 : Autres risques

- 5.1 Pour les modèles de colis qui ne font pas l'objet de modalités d'expédition relatives à une limitation de leur durée de transport, les démonstrations de sûreté doivent considérer une durée d'un an de transport, les températures des composants du colis étant celles atteintes en conditions normales de transport. En outre, la durée de la période d'aléas complémentaire pour la prise en compte des situations accidentelles de transport, d'au moins 7 jours, devrait être indiquée.
- 5.2 L'absence de création d'un milieu inflammable dans la cavité du colis doit être démontrée en tenant compte de tous les volumes libres des aménagements internes qui ne sont pas définis comme étant inétanches.
- 5.3 Lorsque le risque d'explosion dans la cavité du colis est appréhendé par calculs numériques, le code de calcul utilisé doit être validé sur la base d'expériences représentatives des configurations rencontrées dans la cavité du colis étudié.
- 5.4 Lorsque des éléments de l'emballage sont assemblés par collage, il doit être démontré que la composition chimique de la colle n'engendre pas un risque de corrosion des enveloppes métalliques.

6 Paragraphe 5 : Mécanique

- 6.1 Dimensionnement des liaisons vissées et des assemblages boulonnés
- La contrainte équivalente maximale dans les éléments vissés et les assemblages boulonnés doit être évaluée en tenant compte des efforts maximaux de torsion et de traction dans les vis induits lors du serrage. Il doit être démontré que les efforts de serrage sont supérieurs aux efforts extérieurs incluant, entre autre, la réaction des joints. La flexion des vis provoquée par l'excentration des efforts ainsi que la dilatation différentielle des composants devront également être prises en compte.
 - Lorsque le comportement mécanique des éléments vissés est appréhendé par calcul numérique, les hypothèses retenues doivent être justifiées (discrétisation spatiale, lois de comportement, modèle numérique...).
 - Les couples de serrage appliqués aux vis doivent être suffisants pour écarter tout phénomène d'auto-desserrage au cours des transports en tenant compte des sollicitations vibratoires.
 - Le conservatisme du coefficient de frottement, et de sa plage de variation, sur filets et sous tête des vis doit être justifié en tenant compte des propriétés du lubrifiant utilisé ainsi que de l'état de surface, du revêtement et de la taille des vis.
 - L'absence de variation des coefficients de frottement des assemblages vissés doit être démontrée sur toute leur durée d'utilisation des vis en tenant compte du nombre d'opérations de serrage et de desserrage réalisées.
- 6.2 Conditions de transport de routine

- a. Lorsque l'arrimage du colis est réalisé au moyen d'un dispositif spécifique (sangles, élingues, chaînes...), l'effort résultant de leur tension et de leur inclinaison doit être pris en compte dans l'étude du comportement des composants du colis.
- b. Lorsque les justifications reposent sur l'utilisation de densités spectrales de puissance (DSP) qui reposent sur des signaux mesurés, la méthodologie retenue pour leur traitement doit être justifiée. De plus, la représentativité des itinéraires sur lesquelles les mesures ont été effectuées doit être justifiée.

6.3 Conditions normales et accidentelles de transport

- a. L'évaluation de l'ouverture maximale du plan de joint du système de fermeture de l'enveloppe de confinement doit être réalisée en tenant compte de l'effort minimal de serrage des éléments vissés.
- b. L'ordonnement le plus pénalisant des chutes libres, d'une hauteur de 9 m, et de la chute, d'une hauteur de 1 m, sur poinçon doit être considéré. À cet égard, un endommagement du colis par le poinçon avant la réalisation de la chute libre conduira à diminuer le volume de l'amortisseur disponible pour absorber l'énergie de chute et maximisera le risque de talonnement.
- c. Le décollement transitoire du couvercle au droit d'un joint métallique doit, durant toute la durée de la chute, rester inférieur à la capacité de retour élastique du joint.
Il doit être démontré qu'à l'issue des chutes, la diminution des jeux de montage des assemblages vissés n'est pas de nature à entraîner une sollicitation des vis en flexion ou cisaillement.

6.4 Représentativité des spécimens d'essai

- a. Les propriétés mécaniques des composants de la maquette, importants pour le niveau de sûreté du colis, doivent être enveloppes de celles des composants du colis sur la plage de températures réglementaire.
- b. Lorsque la maquette ou le spécimen d'essai est mis en température avant la chute, sa température doit être homogène dans les matériaux et être garantie au moment de la chute.

6.5 Mesures réalisées lors des essais

- a. Les relevés accélérométriques réalisés avec des capteurs de technologie piézoélectrique peuvent présenter un problème de dérive du signal, causé par des phénomènes d'« effet de fuite » ou de « déviation du zéro ». De ce fait, il est nécessaire d'utiliser des accéléromètres de technologie piézoélectrique avec correction intégrée ou piézorésistive. Dans le cas d'essais réalisés avec des capteurs piézoélectriques, un traitement du signal justifié sera réalisé pour montrer l'absence de minoration de l'accélération maximale.
- b. Si la variation entre le taux de fuite des spécimens ou maquettes testés mesuré avant et celui mesuré à l'issue des chutes dépasse une décade, des investigations doivent être réalisées afin d'identifier l'origine de cette dégradation de l'étanchéité.
- c. Les fréquences de filtrage des mesures accélérométriques doivent être justifiées sur la base d'une analyse modale du modèle de colis dans les différentes configurations de chute étudié. Cette analyse devra reposer sur le traitement des pourcentages de masses participantes des composants associés aux différents modes propres du colis.

6.6 Calculs numériques

- a. Il doit être démontré, pour chaque sous ensemble modélisé et chaque configuration de chute étudiée, que l'énergie d'Hourglass est inférieure à 5 % de l'énergie totale de la chute.

- b. Les contraintes calculées dans les composants importants pour la sûreté du colis doivent être inférieures, toutes incertitudes comprises, à leur limite d'élasticité à la température maximale atteinte en CNT en tenant compte d'un coefficient de sécurité.
 - c. Les contraintes calculées dans les composants n'assurant ou ne participant pas au maintien d'une fonction de sûreté, ne doivent pas dépasser leur allongement à la rupture. Les lois de comportement considérées pour simuler la plasticité de ces composants doivent être justifiées.
 - d. Les lois de comportement utilisées pour simuler le comportement des amortisseurs doivent être validées sur la base de résultats expérimentaux couvrant l'ensemble de la plage d'écrasement (du pic dynamique initial à la zone de talonnement voire la zone de compaction). Dans le cas où les justifications du comportement en chute du modèle de colis reposent uniquement sur des calculs numériques, les essais de compression du bois doivent constituer un préalable aux simulations.
 - e. Les types de contact retenus entre les composants modélisés doivent être justifiés dans le dossier de sûreté.
- 6.7 Les essais évaluant le vieillissement de mousse ou de résine doivent être effectués avec des échantillons représentatifs de la mousse ou de la résine qui équipe les emballages en exploitation (humidité, durée d'exploitation de l'emballage...).

7 Paragraphe 6 : Thermique

- 7.1 Pour les contenus présentant des risques de réactions exothermiques, il doit être démontré que leur température atteinte dans la cavité du colis est inférieure, dans toutes les conditions de transport, au seuil de déclenchement de ces réactions.
- 7.2 Pour les essais visant à qualifier une source en tant que matière sous forme spéciale, il doit être justifié que la température atteinte en tout point de la source testée, est supérieure à 800°C pendant 10 minutes.
- 7.3 Lorsque les démonstrations de sûreté valorisent le confinement associé à une source classée en tant que matière sous forme spéciale, il devra être justifié que l'énergie emmagasinée par la source lors de son épreuve réglementaire (800°C pendant 10 minutes) est supérieure à celle emmagasinée par la source lorsqu'elle est chargée dans l'emballage exposé à un feu de 800°C pendant 30 minutes.

8 Paragraphe 7 : Utilisation - Maintenance

- 8.1 L'efficacité des opérations de séchage de la cavité du colis doit reposer sur un essai représentatif de la procédure mise en œuvre.
- 8.2 Le respect du critère de taux de fuite du colis considéré dans les démonstrations de sûreté (SLR ou SHeLR) doit être garanti en tenant compte des conditions réelles de température et de pression ainsi que des incertitudes de mesures lors de la réalisation des opérations de contrôle de l'étanchéité de l'ensemble des composants de l'enveloppe de confinement du colis.
- 8.3 Pour les emballages destinés au transport et à l'entreposage des combustibles usés, définir dans le dossier de sûreté du colis, les paramètres de l'entreposage importants pour la sûreté du transport après entreposage (maîtrise du vieillissement des gaines, de la corrosion par l'absence d'oxygène dans la cavité...) et les contrôles avant départ visant à garantir la sûreté du transport (couple de serrage des vis, performance des dispositions de radioprotection...).

9 Création d'un paragraphe dédié à la fabrication des emballages de transports de matières radioactives

- 9.1 Les instructions relatives à toutes les opérations importantes pour la sûreté, qui sont réalisées en fabrication, sont présentées, notamment concernant les soudures. À cet égard, les contrôles réalisés à l'issue des opérations de fabrication des composants sont justifiés au regard de leur fonction de sûreté.
- 9.2 Les soudures en angle à la jonction de tôles sont à éviter lors de la conception des capots amortisseurs, et en particulier pour leur enveloppe métallique extérieure.
- 9.3 Lorsque l'enveloppe de confinement est entourée d'une épaisseur de matériau amortisseur, de blindage radiologique, d'isolant thermique (résine, mortier, plâtre, plomb, etc.) ou d'un habillage (ailettes fixées à la surface extérieure de l'enveloppe, etc.), le contrôle global de son étanchéité doit être réalisé avant la mise en place du blindage et de l'habillage, de manière à se prémunir du risque de masquage des chemins de fuite.
- 9.4 Les conditions d'entreposage des blocs d'amortisseur des capots de protection lors des opérations de fabrication doivent garantir l'absence de variation de leur taux d'humidité tel que spécifié dans le dossier de sûreté.
- 9.5 L'utilisation de vis de classe de qualité supérieure ou égale à 14.9 sur les modèles de colis utilisés pour les opérations de transport de matières radioactives est à éviter, compte tenu de leur potentiel comportement fragile et de la complexité des phénomènes mis en jeu lors du processus de fabrication.
- 9.6 La fabrication des vis de haute classe de qualité (supérieure ou égale à 10.9) fait l'objet de mesures spécifiques afin d'éviter les risques de fragilisation par chargement d'hydrogène :
- pour les vis dont la classe de qualité est de 10.9 (dureté comprise entre 360 HV et 390 HV) : à condition qu'une vérification supplémentaire du procédé de fabrication de la vis ou des essais supplémentaires des produits aient été effectués, le dégazage n'est pas exigé.
 - pour les vis dont la classe de qualité est supérieure à 10.9 (dureté supérieur à 390 HV) : le dégazage est exigé.

L'opération de dégazage doit être réalisée entre une heure et au maximum trois heures après le traitement de surface du matériau.

- 9.7 La préparation des vis de classe de qualité supérieure à 10.9 par attaque acide doit être proscrite. Concernant les vis de classe de qualité 10.9, des précautions devront être prises en cas de nettoyage en phase acide.
- 9.8 Des essais d'étanchéité des dispositifs fusibles qui équipent les surfaces externes de l'emballage doivent être réalisés en fin de fabrication.
- 9.9 Avant la mise en circulation d'un emballage destiné au transport de contenus dont la puissance thermique n'est pas négligeable, des essais de dissipation thermique doivent évaluer l'efficacité des dispositifs présents dans la structure de l'emballage.

10 Création d'un paragraphe dédié aux adjonctions aux colis

- 10.1 Le requérant doit transmettre à l'appui de toute demande d'autorisation de transport un plan de concept des adjonctions du colis.
- 10.2 Les caractéristiques (dimensions, pertes de charge...) des équipements susceptibles d'entraver la circulation de l'air dans l'adjonction (ouvertures, canaux, grilles, persiennes, etc.) doivent être fournies.

- 10.3 L'absence d'impact du châssis de transport sur le comportement du colis en conditions de chute doit être démontrée. À cet égard, le caractère enveloppe des caractéristiques mécaniques retenues dans la démonstration (R_e , R_m , A %) des éléments constitutifs du système d'arrimage (bras support du châssis, élingues, râtelier, etc.) doit être justifié.
- 10.4 Le surcroît de masse dû aux adjonctions doit être pris en compte dans les analyses du comportement mécanique du modèle de colis. Si la masse du châssis représente plus de 10 % de celle du colis, le caractère suffisant des marges d'écrasement des équipements amortisseurs du colis, évaluées dans le cadre des épreuves de chute réglementaires pour compenser le surcroît de masse doit être justifié.
- 10.5 Il doit être démontré que les éléments du châssis tels que des éléments contondants ne sont pas de nature à aggraver le colis en chute.
- 10.6 Les températures du colis doivent être déterminées en considérant la présence d'adjonctions au colis (bâche, canopée, barrière thermique, écran de radioprotection complémentaire, suremballage, cale dans un navire, etc.). L'étude réalisée doit tenir compte du nombre maximal de colis présents transportés simultanément.
- 10.7 Les propriétés thermiques (absorptivité solaire et émissivité) des surfaces des adjonctions doivent être justifiées au regard de leur état de propreté et des effets de vieillissement.
- 10.8 Lorsque des justifications s'appuient sur des essais effectués sous barrière thermique (bâche, canopée, etc.), les mesures doivent être réalisées après atteinte de l'équilibre thermique.
- 10.9 L'impact de la présence de matériaux disposés dans ou sur les adjonctions au colis, présentant un potentiel calorifique en condition d'incendie supérieur à celui des hydrocarbures pris en compte dans l'épreuve thermique (compris entre 46 à 49 MJ/kg), doit être, le cas échéant, évalué.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2019-00154 du 3 juillet 2019

Proposition de suppression de points de l'annexe 2 du guide du requérant

1 Généralités

Paragraphe 0.3.2 : « La conformité avec les dispositions réglementaires relatives aux matières fissiles exceptées est justifiée le cas échéant. »

2 Confinement

2.1 Paragraphe 1.4 : « Contrôle d'étanchéité systématique au chargement, cohérent avec les justifications demandées au point 1.2. »

2.2 Paragraphe 1.4.1 : « Dans le cas où un joint ne faisant pas partie de l'enveloppe de confinement, et situé à l'intérieur de celle-ci, délimite une partie du volume interne de l'enveloppe de confinement, montrer qu'une défaillance du joint de confinement peut être détectée lors du contrôle d'étanchéité effectué avant expédition. En effet, dans le cas d'une telle défaillance, le joint situé à l'intérieur de l'enveloppe de confinement est susceptible de masquer cette défaillance en remplaçant le joint à contrôler. »

2.3 Paragraphe 1.8 : « Démonstration que le volume libre des gorges des joints d'étanchéité ou de contrôle montés sur des éléments constitutifs de l'enveloppe de confinement ou de barrières d'étanchéité à l'eau est suffisant pour permettre la dilatation thermique des joints en élastomère, en conditions normales et accidentelles de transport.

À défaut, démonstration que la rigidité de la tige est suffisante pour garantir une flexion annulaire de moins de 0,1 mm au droit des gorges de joint sous les efforts, d'une part du serrage des vis, d'autre part de la réaction des joints en utilisant une caractérisation expérimentale de la compressibilité tridimensionnelle de l'élastomère. »

2.4 Paragraphe 1.9 : « Pour les colis dont le transport s'effectue avec une cavité contenant un liquide, la démonstration est apportée que la présence de liquide ne remet pas en cause la validité du contrôle d'étanchéité de l'enveloppe de confinement, par colmatage des chemins de fuite par exemple. »

2.5 Paragraphe 1.10 : « Justification du confinement pour une pression externe de 0,6 bar absolu (conformément aux conclusions du GP/CST réunis le 24/01/2003). »

3 Radioprotection

3.1 Paragraphe 2.3 : « Prise en compte des risques associés aux phénomènes de ségrégation (par exemple précipitation des sels en solution, pieds de cuve d'UF₆, etc.). »

3.2 Paragraphe 2.5 : « Justification du maintien du blocage des sources en position de stockage dans les irradiateurs (en condition de chutes en séquence). »

3.3 Paragraphe 2.6 : « Prise en compte pour l'évaluation des débits de dose en CAT des modifications géométriques et des mouvements du contenu à l'issue des épreuves représentatives des CAT. »

3.4 Paragraphe 2.7 : « Justification de l'absence de fusion locale des matériaux assurant la radioprotection lors de l'épreuve thermique, compte tenu notamment des effets de la chute sur poinçon et des éventuels eutectiques

des alliages métalliques (par exemple antimoine dans le plomb), ou de la limitation de la fusion à un volume compatible avec les critères réglementaires d'intensité de rayonnement en CAT. »

- 3.5 Paragraphe 2.8 : « Évaluation des risques de décollement des protections en plomb en cas de tassement lors des épreuves de chute libres représentatives des CAT, en tenant compte des contraintes d'accrochage entre le plomb et les viroles d'acier, de la variation du comportement du plomb avec la température et des températures les plus pénalisantes pour le plomb en conditions normales de transport. Si cette évaluation repose sur des essais de chute avec une maquette à échelle réduite, l'effet d'échelle sur les contraintes d'accrochage est pris en compte. Les conséquences sur les débits de dose autour du colis sont évaluées. »

4 Sûreté-criticité

- 4.1 Paragraphe 3.1.1 : « La description du système d'isolement est présente dans le dossier de sûreté. »
- 4.2 Paragraphe 3.1.3 : « Dans le cas où le requérant remplace certains milieux diffusants ou milieux déshydrogénés par de l'air, il est vérifié que cette hypothèse est appropriée, notamment en cas de réseau de colis. »
- 4.3 Paragraphe 3.1.4 : « Pour les assemblages comportant des crayons factices constitués d'un matériau « transparent » aux neutrons, l'absence d'impact de ces crayons factices sur la réactivité est justifiée. »
- 4.4 Paragraphe 3.2.3 : « Lorsque la quantité de matière fissile permise dans le colis est exprimée en masse d'²³⁵U, sans mention de la masse d'uranium total, et sans restriction sur la présence éventuelle de plusieurs enrichissements, il convient de justifier la sous-criticité en considérant, en plus de la masse d'²³⁵U, une masse quelconque d'uranium naturel dont la localisation est la plus pénalisante. »
- 4.5 Paragraphe 3.2.4 : « Il n'est pas permis de classer une partie du contenu en matière fissile exceptée pour un colis chargé de matière fissile non exceptée. Toute la matière fissile présente dans un contenu est prise en compte dans les démonstrations de sûreté-criticité, y compris, le cas échéant, l'uranium naturel ou appauvri. »
- 4.6 Paragraphe 3.3.1 : « Ne pas omettre de configurations dans l'analyse (colis isolé endommagé et non endommagé, réseau de 5N colis non endommagés et de 2N colis endommagés). »
- 4.7 Paragraphe 3.3.4 : « A défaut de prise en compte de dispositions spéciales lors de la préparation des colis (cf. § 7.1.2 de cette annexe), la quantité d'eau à prendre en compte dans les études de sûreté-criticité ne peut être limitée. »
- 4.8 Paragraphe 3.4.1 : « Veiller à prendre en compte dans la modélisation l'ensemble des éléments de structures en acier ou autres matériaux de structures (aluminium, titane, etc.) susceptibles d'avoir une incidence sur la multiplication des neutrons. »
- 4.9 Paragraphe 3.4.5 : « Pour certaines configurations pour lesquelles les interactions peuvent être prépondérantes, étudier l'effet des variations de densité du milieu fissile. »
- 4.10 Paragraphe 3.4.6 : « Effectuer des calculs de criticité en considérant les formes hétérogènes des matières fissiles telles que transportées, pour des enrichissements en uranium inférieurs à 30 % et pour des vecteurs isotopiques de plutonium comportant du plutonium 240.

En particulier, la modélisation de la ruine totale ou partielle de crayons ou aiguilles combustibles par un milieu homogène équivalent ne constitue pas systématiquement une hypothèse enveloppe en termes de criticité. »

- 4.11 Paragraphe 3.4.9 : « Justifier la validité de l'hypothèse de l'enrichissement moyen des assemblages REB UOX en cas d'utilisation dans la démonstration de la sous-criticité, notamment si la géométrie des assemblages peut être modifiée dans les conditions des épreuves réglementaires. »
- 4.12 Paragraphe 3.5.2 : « Prise en compte des conditions d'endommagement après les épreuves des CAT, par exemple la dégradation des matériaux hydrogénés lors de l'épreuve thermique ou la déformation des logements. »
- 4.13 Paragraphe 3.5.3 : « Évaluation du risque d'impact direct du poinçon sur les matières fissiles en cas de perforation de l'emballage par le poinçon (pour certains colis en orientation oblique). »
- 4.14 Paragraphe 3.5.4 : « Évaluation de la tenue en condition d'incendie des crayons combustibles (risque d'éclatement à chaud sous pression), en tenant compte éventuellement de la géométrie des assemblages combustibles après les épreuves mécaniques des CAT (rapprochement des crayons les uns des autres ou des parois). »
- 4.15 Paragraphe 3.5.7 : « Prise en compte de l'allongement sous irradiation de la longueur active des crayons dans la valeur maximale considérée dans le cas de glissement différentiel des crayons au sein d'un assemblage combustible. »

5 Autres risques

- 5.1 Paragraphe 4.1 : « Dans tous les cas de présence d'eau ou de matières hydrogénées (celluloses, plastiques, hydrocarbures, lubrifiants, solutions aqueuses ou organiques), évaluer les risques d'accumulation et de production de gaz combustibles au-delà de la concentration limite d'inflammabilité. »
- 5.2 Paragraphe 4.2 : « L'utilisation de codes de calculs afin de justifier l'absence de risque lié à la radiolyse dans un colis est acceptable si ces codes sont qualifiés à partir de mesures expérimentales effectuées dans des conditions représentatives, en tenant compte de la composition chimique précise du milieu considéré et des paramètres physiques tels que température, pression, gaz de remplissage, etc. Dans le cas contraire, une démarche progressive prudente est retenue en envisageant une vérification expérimentale à puissance réduite adaptée, par exemple à l'occasion des premiers transports afin de recalibrer les codes utilisés. »

6 Mécanique

- 6.1 Paragraphe 5.1.2.1 : « Chutes pour maximiser l'accélération (à plat, fouettement, etc.) : à rigidité par unité de surface constante, plus la surface d'impact est élevée, plus l'impact est dur. »
- 6.2 Paragraphe 5.1.2.2 : « Chutes pour maximiser la déformation (en coin, sur arêtes, etc.) : plus la surface d'impact est faible, plus l'écrasement est important. »
- 6.3 Paragraphe 5.1.2.3 : « Chutes pour maximiser les dommages sur les orifices, notamment par un poinçon. »
- 6.4 Paragraphe 5.1.2.5 : « Chutes pour maximiser les dommages sur le contenu.
La géométrie endommagée des gaines des crayons, des assemblages, des sources, etc. à l'issue de la séquence de chute est utilisée par la suite. »
- 6.5 Paragraphe 5.1.2.7 : « Tenue mécanique des tuyauteries à géométrie complexe en particulier pour les tuyauteries noyées dans le plomb en prenant en compte les zones de concentrations de contraintes (singularités géométriques, présence de vis, etc.). »

- 6.6 Paragraphe 5.1.2.11 : « Analyser l'influence des adjonctions au colis au moment du transport sur les performances de sûreté requises pour le colis, en particulier l'influence du châssis en conditions de chute réglementaires. »
- 6.7 Paragraphe 5.1.2.13 : « Évaluer les effets éventuels de résonance du système de fermeture de l'enveloppe de confinement, lors d'une chute du colis de 9 m de hauteur. »
- 6.8 Paragraphe 5.1.4 : « Justifier la représentativité des hauteurs de chute en cas d'essai de chute sur maquette à échelle réduite. »
- 6.9 Paragraphe 5.1.5 : « Prévoir un enregistrement des accélérations. »
- 6.10 Paragraphe 5.1.5.1 : « Les accéléromètres ne sont pas placés sur des pièces susceptibles de se déformer. »
- 6.11 Paragraphe 5.1.6 : « Vérifier que lors des essais de chute aucun organe de la station d'essais autre que ceux mentionnés par le règlement de transport applicable n'a interagi avec le spécimen sauf justification de l'absence d'impact de cette interaction. »
- 6.12 Paragraphe 5.5 : « Justification de la tenue de l'enveloppe de confinement à la pression maximale en CAT (compte tenu des effets de l'épreuve thermique, de la radiolyse, des transformations physiques, des réactions chimiques, etc.). »
- 6.13 Paragraphe 5.6 : « Justification de la tenue de l'enveloppe de confinement à l'épreuve d'immersion sous 200 m d'eau pour les colis contenant du combustible irradié (activité supérieure à 37 PBq), selon le règlement de transport de l'AIEA édition 1985, ou pour les colis contenant une activité supérieure à 10^5 A₂, selon le règlement de transport AIEA éditions 1996 et ultérieures. »
- 6.14 Paragraphe 5.8.7 : « Dans le cas de tourillons boulonnés, vérifier la tenue des vis de fixation des tourillons. »

7 Thermique

- 7.1 Paragraphe 6.1 : « Prise en compte de l'ensoleillement, sur une période de 12 heures, sauf justification appropriée. Ne pas moyenner sur 24 heures. »
- 7.2 Paragraphe 6.2 : « Prise en compte de la présence de systèmes de protection susceptibles d'entraver la dissipation thermique en CNT : bâches, canopies, barrières thermiques, écrans de radioprotection complémentaires, suremballages (conteneurs, caissons, etc.), cale dans un navire, etc. »
- 7.3 Paragraphe 6.4 : « Prise en compte des positions les plus pénalisantes (horizontale ou verticale) du colis pendant et après l'épreuve thermique (CAT), en tenant compte du coefficient de convection et du flux solaire absorbé qui dépendent de la position du colis. »
- 7.4 Paragraphe 6.5 : « Selon le règlement de transport de l'AIEA, éditions 1996 et ultérieures, l'ensoleillement est à prendre en compte avant et après l'épreuve thermique.
Selon le règlement de transport de l'AIEA, édition 1985 (revue en 1990), et révision antérieure, l'ensoleillement peut être négligé avant et pendant l'épreuve thermique mais est pris en compte pour l'évaluation ultérieure du comportement thermique du colis. »
- 7.5 Paragraphe 6.10 : « Lorsque des justifications s'appuient sur des essais effectués sous barrière thermique (bâche, canopies, etc.), il est nécessaire que les données tirées de l'essai aient été obtenues à l'équilibre thermique. »

7.6 Paragraphe 6.1.5.1 : « Lorsque les ailettes assurant la dissipation thermique ne sont pas modélisées, tenir compte d'un coefficient de convection justifié. Il peut être retenu de manière pénalisante un coefficient de convection corrigé du rapport des surfaces avec et sans ailettes. »

8 Utilisation - Maintenance

8.1 Paragraphe 7.2.3 : « Prévoir un contrôle global en maintenance de l'étanchéité de l'enveloppe de confinement. À défaut justifier la non réalisation de ce contrôle. »

8.2 Paragraphe 7.3 : « Prévoir une fiche récapitulative dans la notice de maintenance, contenant la liste des pièces avec leurs caractéristiques (propriétés mécaniques, dimensions, etc.) importantes pour la sûreté qui sont à contrôler, avec la périodicité associée. »

**Annexe 3 à l'Avis IRSN n° 2019-00154 du 3 juillet 2019
Modifications de points de l'annexe 2 du guide du requérant**

1 Paragraphe 0 : Généralités

1.1 Modification du paragraphe 0.2.1 :

Description, plan de concept et matériau des paniers, cales, étuis, capsules, bouteilles, bouteillons, chemises, etc. En particulier, le système de fermeture ainsi que les caractéristiques des joints et soudures doivent être détaillés. Les propriétés mécaniques et thermiques des matériaux sont données pour des températures comprises entre -40°C et leurs températures maximales atteintes en conditions normales de transport.

2 Paragraphe 1 : Confinement

2.1 Modification du paragraphe 1.7 :

Justification de la qualité des soudures des composants qui assurent une fonction de sûreté en conception, en fabrication et en réparation en conformité à un code de fabrication.

2.2 Modification du paragraphe 1.11 :

Lorsque l'enveloppe de confinement est définie par une source scellée, le maintien des caractéristiques des matériaux (état des soudures inclus) au cours de l'utilisation de ces sources doit être démontré. Un contrôle d'étanchéité et de l'état de la source avant expédition peut être nécessaire (par exemple, un examen visuel complet pour confirmer l'absence de dommage mécanique, thermique ou de corrosion, des frottis sur toute la surface des sources notamment sur les cordons de soudure, des ressuges ou radiographies des cordons de soudure), ainsi que la vérification que la source n'a jamais été impliquée dans un incident ou accident.

3 Paragraphe 2 : Radioprotection

3.1 Modification du paragraphe 2.4 :

L'intensité de rayonnement à 2 m du véhicule pour le contenu maximal doit être évaluée dans le dossier de sûreté. Si les véhicules pouvant être utilisés ne sont pas connus, l'évaluation peut être réalisée de manière conservatrice à 2 m du ou des colis. Si cette évaluation montre que la limite de 0,1 mSv/h risque d'être dépassée, alors la notice d'utilisation de l'emballage précisera les dispositions que l'expéditeur devra prendre pour s'assurer du respect de cette limite, avant le chargement du contenu dans le colis.

4 Paragraphe 3 : Sûreté-criticité

4.1 Modification du paragraphe 3.2.1 :

Justification couvrant tous les cas possibles compte tenu des diverses caractéristiques géométriques (tolérances dimensionnelles, positions des composants) et physiques ; lorsque la variation de la densité du milieu fissile (densité des poudres par exemple) est envisageable en conditions normales ou accidentelles de transport, prendre en compte la densité la plus pénalisante pour les calculs de criticité.

Les nucléides pouvant soutenir une réaction en chaîne de fissions et n'étant pas définis comme nucléides fissiles par la réglementation AIEA (cf. § 222.3 du guide AIEA SS-G-26) doivent être pris en considération dans la démonstration de sûreté-criticité si leur présence conduit à une augmentation de la réactivité. En particulier,

si certains nucléides peuvent être présents en quantité ou concentration suffisante pour augmenter le facteur de multiplication de neutrons, leur concentration ou leur quantité maximale doivent être définies.

4.2 Fusion des paragraphes 3.3.2, 3.3.2.1, 3.3.3 et 3.3.3.1 en un unique paragraphe :

Pour les colis de transport de matières fissiles agréés selon le règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA éditions 1985 et 1990 (CS n° 6), considérés isolément, dont la sous-criticité est démontrée en prenant en compte l'absence de pénétration d'eau ou la pénétration limitée d'eau, le dossier de sûreté doit décrire les caractéristiques spéciales destinées à empêcher la pénétration d'eau dans les espaces vides.

Pour les colis de transport de matières fissiles agréés selon le règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA édition 1996 (TS-R-1) (ou éditions suivantes), la disposition précédente est reprise dans le paragraphe 680 a) de l'édition 2012 (SSR 6), à condition que l'emballage soit muni de barrières étanches multiples dont chacune conserverait son efficacité en CAT. Cette double (au minimum) barrière doit s'appliquer à tous les chemins de fuite de l'enveloppe de confinement.

Un colis constitué d'un fond épais, d'une virole épaisse en acier, d'une liaison fond/virole assurée par une soudure pleine pénétration et d'un système de fermeture assuré par deux couvercles munis chacun de joints peut répondre aux exigences du paragraphe 680 a) de l'édition 2012 du SSR-6 à condition qu'il existe des marges par rapport à la rupture de la virole et du fond en CNT et CAT sur la plage de température réglementaire.

À défaut de prise en compte de dispositions spéciales lors de la préparation des colis, la quantité d'eau à prendre en compte dans les études de sûreté-criticité ne peut être limitée.

De plus, les caractéristiques spéciales définies (édition AIEA 1985 et 1990) ou chacune des doubles barrières (édition AIEA 1996 et suivantes) doivent être contrôlées.

4.3 Déplacement du paragraphe 3.5.1 dans le paragraphe 5 (mécanique) et modification comme présentée ci-après :

Justification, si nécessaire, de l'absence de dommages en CAT aux aménagements et calages internes (par exemple les paniers pour assemblages combustibles et les boîtes à crayons, etc.). Les justifications doivent prendre en compte le comportement dynamique réel des composants du colis soumis à l'impact.

5 Paragraphe 5 : Mécanique

5.1 Modification du paragraphe 5.1.1 :

Justifier la tenue des vis de fixation du système de fermeture dans les différentes configurations de chutes. Dans le cas où ces démonstrations reposent sur des calculs numériques, les contraintes calculées dans les vis toutes incertitudes comprises doivent être inférieures à leur limite d'élasticité à la température maximale atteinte en CNT en tenant compte d'un coefficient de sécurité.

5.2 Modification du paragraphe 5.1.2.4 :

Chutes pour maximiser le risque de perforation par un poinçon : la surface impactante est oblique par rapport à celle de l'extrémité du poinçon ; l'impact initial a alors lieu sur un segment de l'arête circulaire du poinçon et le risque de perforation est beaucoup plus élevé.

Si une approche numérique est utilisée pour analyser le comportement du colis lors de la chute sur poinçon, celle-ci doit être validée à partir de résultats d'essais réalisés avec un spécimen représentatif des composants sollicités.

5.3 Modification du paragraphe 5.1.2.8 :

Conservation de l'étanchéité des bouchons de vidange des cylindres de transport d'hexafluorure d'uranium (UF_6) de types 48 pouces et 30 pouces. Lorsque les justifications reposent sur des essais, le taux de fuite des cylindres doit rester inférieur aux valeurs prescrites par la norme ISO 7195. Si les démonstrations reposent sur des calculs numériques, l'absence de contact de la vanne et du bouchon doit être démontrée.

5.4 Modification du paragraphe 5.1.2.9 :

Pour les colis concernés par une chute de plaque, le centre de la plaque doit être positionné au droit du point d'impact. Lorsque le colis est en position inclinée, le centre de la plaque doit être situé sur la verticale passant par le centre de gravité du colis.

5.5 Modification du paragraphe 5.1.3.2 :

Les joints élastomères, notamment la nuance ou a minima le taux de compression et la dureté du joint. Le taux de compression maximal des joints de la maquette doit être inférieur ou égal au taux de compression minimal des joints du colis calculé à $-40^{\circ}C$, en tenant compte des tolérances de fabrication du colis et d'approvisionnement des joints, ainsi que de la déformation rémanente à la compression des joints.

5.6 Modification du paragraphe 5.3.2 :

Justifier les valeurs de ténacité dynamique à $-40^{\circ}C$ des matériaux concernés (lorsqu'elles sont utilisées dans la démonstration d'absence de risque de rupture brutale) en tenant compte de leur épaisseur sur le modèle de colis.

Justifier, lorsque la ténacité dynamique est retenue comme critère de sûreté, sa représentativité vis-à-vis des dispersions de fabrication (par exemple sur les teneurs respectives des éléments chimiques entrant dans la composition de l'acier et les paramètres des traitements thermiques). De plus, lorsque la valeur de ténacité est issue d'une loi de corrélation avec la résilience, le conservatisme de l'approche retenue doit être démontré.

5.7 Modification du paragraphe 5.7 :

Prise en compte des contraintes dues aux dilatations thermiques en tenant compte des températures atteintes en CNT et CAT. En particulier, démontrer l'absence de fretage des aménagements internes et des contenus.

5.8 Modification du paragraphe 5.8.1 :

Justifier les intensités des efforts transmis par les systèmes d'arrimage pris en compte pour les différentes directions. Pour les efforts verticaux, prendre en compte l'effet de la gravité.

Le critère retenu doit être une fraction de la limite d'élasticité du matériau à la température maximale atteinte en CNT.

5.9 Modification du paragraphe 5.8.4 :

Pour le calcul de la tenue des points de manutention et d'arrimage, prendre en compte la combinaison des accélérations dans les directions susceptibles d'être sollicitées de façon simultanée. À cet égard, l'effet de la gravité doit être pris en compte.

Le critère retenu est une fraction de la limite d'élasticité du matériau à la température maximale atteinte en CNT.

6 Paragraphe 6 : Thermique

6.1 Modification du paragraphe 6.3 :

Justification des hypothèses simplificatrices utilisées pour les calculs en CNT et CAT (exemple : absence de tourillons). Les capots de protection doivent être simulés (leur remplacement par des conditions d'adiabaticité n'est pas adapté notamment en CAT).

6.2 Modification du paragraphe 6.7 :

L'évaluation des températures minimales/maximales des différents composants du colis en CNT et CAT tient compte :

- de toutes les positions possibles pour le contenu radioactif et les aménagements internes (positions axiale et radiale) ;
- de l'endommagement de l'aménagement intérieur ;
- du réarrangement le plus pénalisant du contenu, notamment s'il est en vrac.

Dans le cas où le contenu transporté est constitué d'assemblages combustibles irradiés, l'analyse du comportement thermique du colis doit tenir compte de la dispersion de la matière fissile dans la cavité de l'emballage. Le pourcentage massique de masse dispersée doit être justifié.

6.3 Modification du paragraphe 6.17 :

L'influence des transformations des mousses ou autres composés isolants sur les modélisations considérées dans les simulations numériques de l'épreuve thermique doit être analysée aux températures atteintes en CNT et CAT.

Dans ce cadre, l'écrasement de la mousse à l'issue des essais de chute simulant les CNT et CAT, ainsi que les réactions éventuelles de fusion, thermolyse, pyrolyse, etc, et les dégagements gazeux associés sont pris en compte.

Il convient notamment d'évaluer, sur la base d'une approche expérimentale, la combustion de ces matériaux afin d'étudier les conséquences de ces phénomènes (production de gaz chauds) sur les fonctions de sûreté du colis dans toutes les conditions de transport.

7 Paragraphe 7 : Utilisation -Maintenance

7.1 Modification du paragraphe 7.1.1 :

Pour les colis dont le transport s'effectue à sec après une opération de séchage par tirage au vide dans la cavité, spécifier que pendant toute la durée du séchage la pression dans la cavité demeure supérieure à 6 mbar afin d'éviter tout risque de colmatage de la ligne de tirage au vide par de la glace, sauf justification appropriée.

Par ailleurs, les critères de valeur et de durée de remontée de pression, à l'issue des opérations de tirage au vide, doivent être justifiés.

7.2 Modification du paragraphe 7.1.7 :

Les incertitudes de mesure sont prises en compte lors des contrôles d'étanchéité et les mesures de concentration d'hydrogène réalisés avant expédition du colis. À défaut, les critères opérationnels sont redéfinis en conséquence.

7.3 Modification du paragraphe 7.2 :

Les instructions de maintenance relatives à tous les composants importants pour la sûreté sont présentées dans le dossier de sûreté.

La nature et la périodicité des contrôles réalisés doivent être justifiées.

Annexe 4 à l'Avis IRSN n° 2019-00154 du 3 juillet 2019
Projets de certificat

Modification de l'annexe 3 du guide du requérant

Ajouter les points suivants issus de l'article 838 du règlement de l'AIEA, édition 2018 :

- a. l'état physique et la forme chimique de tous les contenus transportés ainsi que les activités (y compris celles des divers isotopes le cas échéant), la masse en grammes (pour les matières fissiles, la masse totale de nucléides fissiles ou la masse de chaque nucléide fissile, le cas échéant) ;
- b. la liste détaillée des opérations supplémentaires prescrites pour l'acheminement, le déchargement et la manutention de l'envoi, incluant d'éventuelles dispositions spéciales à prendre en matière d'arrimage pour assurer une bonne dissipation de la chaleur ;
- c. les mesures à prendre en cas d'urgence jugées nécessaires par l'autorité compétente.

Propositions d'ajouts dans le corps du texte du guide du requérant

- 1 Paragraphe 3.4 du guide (Demande de prorogation d'agrément)
 - 1.1 À l'appui de chaque demande d'agrément, les requérants doivent transmettre un dossier de sûreté mis à jour intégrant notamment toutes les modifications apportées depuis la précédente instruction afin que ce dernier soit autoportant.
- 2 Paragraphe 5 du guide (Modèles de certificat d'agrément)
 - 2.1 Les projets de certificat doivent spécifier l'ensemble des points identifiés dans l'article 838 de l'édition 2018 de la réglementation de l'AIEA, le cas échéant complétés des informations structurantes de la démonstration de sûreté.
 - 2.2 Le projet de certificat comporte un tableau synthétisant l'ensemble des combinaisons aménagements interne/contenu autorisées.