

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

RAPPORT

SÛRETÉ DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES À USAGE CIVIL SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS

ENSEIGNEMENTS TIRÉS PAR L'IRSN
DE L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS
SIGNIFICATIFS DÉCLARÉS EN 2012 ET 2013





Photo en couverture

© Stéphane Bouyer/AREVA-TN International



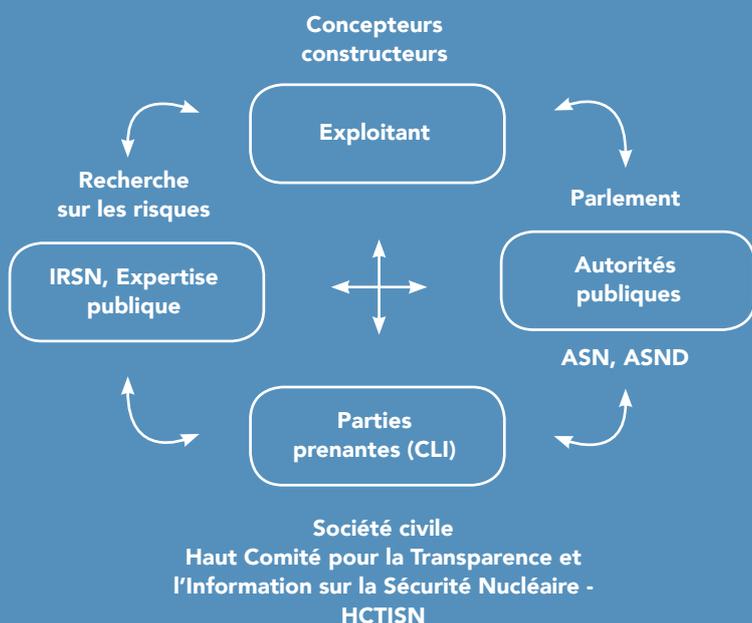


**FAIRE AVANCER
LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE
EN FRANCE ET DANS
LE MONDE**

FAIRE AVANCER LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE EN FRANCE ET DANS LE MONDE

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques. L'IRSN a été créé par l'article 5 de la loi n° 2001-398 du 9 mai 2001 et son fonctionnement a été défini par le décret n° 2002-254 du 22 février 2002, modifié le 7 avril 2007 pour tenir compte de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006, relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. C'est un établissement public industriel et commercial autonome placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la défense, de l'environnement, de l'industrie, de la recherche et de la santé.

Il contribue à la mise en œuvre des politiques publiques relatives à la sûreté et à la sécurité nucléaires, à la protection de la santé et de l'environnement contre les effets des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'évaluation, il agit en concertation avec toutes les parties concernées par ces politiques tout en préservant son indépendance de jugement.



+ ORGANISME FRANÇAIS DE SÛRETÉ, SÉCURITÉ ET RADIOPROTECTION NUCLÉAIRES

- › **Les exploitants** sont responsables de la sûreté de leurs installations. Ils doivent démontrer la pertinence des solutions techniques et organisationnelles retenues à cet effet (dossiers de sûreté et études d'impact des rejets).
- › **Les pouvoirs publics** (les ministères, l'Autorité de sûreté nucléaire ASN, le Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense ASND) définissent les politiques de sûreté, de sécurité et de radioprotection nucléaires. Ils organisent et mettent en œuvre des contrôles conformément à la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et la sûreté en matière nucléaire.
- › **L'IRSN** évalue les dossiers soumis par les exploitants et fournit ses avis et recommandations aux différentes autorités compétentes. Il analyse en permanence les retours d'expérience concernant l'exploitation des installations. Il évalue l'exposition de l'homme et de l'environnement aux rayonnements et propose des mesures pour protéger la population dans l'hypothèse d'un accident. La sûreté nucléaire étant essentiellement basée sur la science, l'IRSN renforce constamment son expertise par des activités de recherche, habituellement dans un cadre international.
- › **Les Comités locaux d'information (CLI) et le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN)** réunissent les acteurs sociétaux concernés par les installations nucléaires. Ils constituent des organes privilégiés pour l'accès à l'information en matière de sûreté, de sécurité, de santé publique et de protection de l'environnement.

+ DOMAINES DE COMPÉTENCES ESSENTIELS DE L'IRSN : R&D ET EXPERTISE OPÉRATIONNELLE

- › **Sûreté et sécurité nucléaires** : réacteurs, cycle du combustible, gestion des déchets, transports des substances radioactives, sources radioactives
- › **Radioprotection des personnes** (y compris les patients) et de l'environnement
- › **Gestion des urgences nucléaires et radiologiques** et capacité d'intervention opérationnelle
- › **Formation et éducation**
- › **Gestion de l'information** et interaction avec les parties prenantes et le public

Octeville-Cherbourg

- › Environnement

Saclay

- › Sûreté des installations nucléaires

Orsay

- › Environnement

Pierrelatte

- › Intervention
- › Protection de l'homme

Agen

- › Intervention

Les Angles-Avignon

- › Intervention
- › Sûreté des installations nucléaires

Vairo-Tahiti

- › Environnement

Tahiti - Polynésie française

Le Vésinet

- › Environnement
- › Protection de l'homme

Fontenay-aux-Roses (siège social)

- Directions fonctionnelles*
Activités opérationnelles
- › Expertise nucléaire de défense
 - › Environnement
 - › Crise et intervention
 - › Protection de l'homme
 - › Sûreté des installations nucléaires
 - › Sûreté de la gestion des déchets
 - › Sûreté des transports

Cadarache

- › Environnement
- › Protection de l'homme
- › Sûreté des installations nucléaires

La Seyne-sur-Mer

- › Environnement

EN 2013
1790 COLLABORATEURS RÉPARTIS
SUR 11 SITES ET UN BUDGET
DE 307 M€

AVANT-PROPOS

Depuis 2008, l'IRSN publie, tous les deux ans, les enseignements tirés de son analyse des événements significatifs liés aux transports de substances radioactives à usage civil sur le territoire français. Dans ce cadre, le présent rapport traite des événements déclarés au cours des années 2012 et 2013. Il vise à présenter les principales évolutions par rapport aux précédentes analyses réalisées, de façon à mettre en exergue les améliorations constatées et les éventuels axes de progrès à retenir dans le but d'améliorer la sûreté.

Ce rapport ne traite pas de la protection des transports contre la malveillance qui fait l'objet d'une réglementation spécifique et d'actions de l'IRSN en support à l'autorité compétente. Sa présentation a été revue pour faciliter sa lecture et aider à la compréhension, par les parties prenantes et par le public, des enjeux concrets de sûreté et de radioprotection associés à ces transports.

Chaque année, de l'ordre de 980 000 colis de substances radioactives à usage civil font l'objet d'environ 770 000 transports en France, par route, chemin de fer, voies de navigation intérieure, mer ou air. L'IRSN consacre des ressources importantes à une veille technique permanente de l'état de la sûreté de ces transports. Pour les années 2012 et 2013, cette veille n'a pas mis en évidence de dégradation par rapport aux années précédentes, en particulier pour ce qui concerne les activités du secteur industriel lié à la production d'électricité d'origine nucléaire, qui présentent les plus forts enjeux en matière de sûreté. L'IRSN relève notamment qu'aucun des événements survenus pendant ces deux années n'a eu d'impact en matière de santé publique ou de protection de l'environnement.



Jacques REPUSSARD
Directeur Général de l'IRSN

L'analyse réalisée montre que les événements correspondant à un défaut de fermeture d'emballage de transport des combustibles irradiés et à des écarts relatifs au contenu chargé dans ces emballages, qui avaient connu une hausse en 2010 et 2011, sont en baisse, ce qui semble attester que les dispositions de nature organisationnelle mises en place par les expéditeurs des colis ont eu un impact favorable. Toutefois, certaines tendances observées lors du précédent examen de l'IRSN, qui mettent en évidence des défaillances dans la préparation des colis ou dans leur manipulation, susceptibles de conduire à des situations plus sérieuses en cas de circonstances aggravantes, se confirment. Même si la majorité des colis concernés contiennent des quantités de radioactivité peu élevées, la répétition de ces événements confirme l'intérêt de la mise en œuvre d'actions préventives appropriées de la part des industriels concernés.

La description de plusieurs événements typiques survenus en 2012 ou en 2013 permet enfin d'illustrer, sur des cas concrets, les analyses réalisées.

Je vous souhaite une bonne lecture de ce rapport, en espérant qu'il réponde à vos attentes.



FAITS MARQUANTS





FAITS MARQUANTS



+ QUELQUES ÉLÉMENTS DE PRÉSENTATION GÉNÉRALE CONCERNANT LES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES EN FRANCE

De l'ordre de quinze millions de colis de matières dangereuses sont transportés chaque année sur le territoire français, par route, chemin de fer, voie de navigation intérieure, mer ou air, dont environ 980 000 sont des colis de substances radioactives à usage civil qui font l'objet d'environ 770 000 transports.

Les opérations de transport de substances radioactives sont encadrées par une réglementation internationale, déclinée sous forme de règlements spécifiques à chaque mode de transport. Cette réglementation stipule notamment que l'expéditeur est responsable de la sûreté du colis tout au long du transport et que le transporteur a, quant à lui, la responsabilité du bon déroulement de l'acheminement.

Les transports de substances radioactives concernent une grande diversité de substances, de formes physiques et chimiques variées, de quantités de radioactivité et de conditionnements (un colis peut mesurer de 10 centimètres à 8 mètres de long, et peser de quelques kilos à plus de 100 tonnes – figures 1 à 3). Ils sont susceptibles de générer des risques pour la santé des personnes (travailleurs et population) ou pour l'environnement ; il s'agit en particulier de risques d'irradiation, liés à l'exposition aux rayonnements ionisants émis par ces substances, ou de risques de contamination, suite à un relâchement de ces substances en dehors du colis, en particulier en situation accidentelle.

En France, le transport de substances radioactives* à usage civil concerne plusieurs grands secteurs d'activités :

- › **le secteur de l'industrie non nucléaire et des contrôles techniques industriels représente environ 55 % des colis** transportés. Il s'agit essentiellement des sources radioactives scellées contenues dans des appareils de mesure du type de ceux utilisés pour la détection du plomb dans les peintures et dans des appareils utilisés pour des radiographies industrielles ;**
- › **le secteur médical concerne près de 30 % des colis transportés. Il s'agit de traceurs radioactifs ou de sources pour la curiethérapie destinés aux hôpitaux, centres anticancéreux ou cliniques possédant un service de médecine nucléaire ;**
- › **le secteur industriel lié à la production d'électricité d'origine nucléaire (encore appelé secteur du cycle du combustible) représente environ 12 % des colis transportés. Il s'agit en particulier des substances radioactives utilisées dans le cadre de la fabrication du combustible nucléaire et**

de celles issues de l'irradiation de ce combustible en réacteur. A noter qu'un peu plus de la moitié des colis transportés sont en provenance ou à destination de l'étranger ;

- › **le domaine de la recherche représente environ 2 % des colis transportés. Les substances transportées sont, par exemple, des sources radioactives, des substances activées ou des éléments de combustible irradié expédiés à destination de centres de recherche.**

Tous secteurs confondus, environ 95 % des colis sont transportés exclusivement par route et les 5 % restants font l'objet de transports combinés, notamment par route et air (environ 4 % des colis, essentiellement des colis de substances radio-pharmaceutiques à destination de l'étranger).

(*) Les substances radioactives appartiennent à la classe 7 des marchandises dangereuses définies dans les réglementations sur le transport des marchandises dangereuses.

(**) Le terme de colis désigne l'ensemble constitué par les substances radioactives transportées et par l'emballage de transport qui les contient.



Figure 1 / Emballage de transport d'appareil de contrôle de soudures par gammagraphie.



Figure 2 / Emballages de combustible dans la cale d'un navire.



Figure 3 / Emballage de transport de produits radiopharmaceutiques.

Par exemple, pour un transport de combustibles irradiés entre un centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) d'Électricité de France (EDF) et l'usine AREVA de La Hague où ils seront traités, les opérations de transport considérées dans la réglementation incluent toutes celles qui, en cas de non-respect, peuvent être à l'origine d'un risque en cours de transport. Elles concernent (figures 4

à 6) aussi bien le chargement, dans le CNPE, des combustibles dans leur emballage de transport et leur déchargement dans l'usine de La Hague, que le cheminement du colis (combustibles irradiés + emballage) sur la voie publique (voies routières et ferroviaires) et son entreposage éventuel en transit, et la conception de l'emballage de transport, sa fabrication et son entretien.



Figure 4 / Chargement d'un colis de combustible irradié sur un châssis de transport.



Figure 5 / Transport par camion d'un colis de combustible irradié.

EMBALLAGE TN 12/2

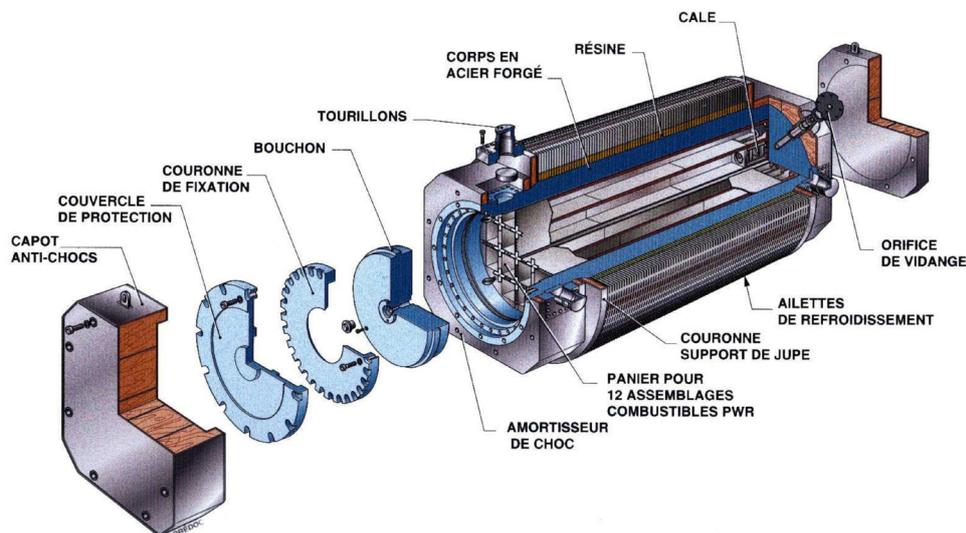


Figure 6 / Maquette écorchée d'un emballage de transport pour combustible irradié.

Pour faire face aux risques liés aux opérations de transport de substances radioactives, la même démarche de sûreté dite de "défense en profondeur" que pour les installations nucléaires est appliquée. » Cette démarche comporte trois composantes* :

- › la robustesse des emballages de transport ;
- › la conformité et la fiabilité des activités de transport ;
- › l'intervention en cas d'incident ou d'accident.

Les emballages doivent être d'autant plus robustes que la radioactivité des substances qu'ils contiennent est élevée.

Ainsi, dans le but d'assurer la protection des personnes et de l'environnement, les performances de confinement des substances radioactives et de protection contre les rayonnements ionisants des emballages destinés à contenir de grandes quantités de radioactivité (combustibles irradiés, oxyde de plutonium, déchets radioactifs vitrifiés ou appareils de contrôle de soudures par gammagraphie) doivent être garanties dans des conditions d'épreuves définies pour simuler des accidents de transport sévères.

Dans ce cadre, la robustesse des emballages est testée, en général sur des prototypes ou des maquettes, lors d'essais normalisés simulant des situations accidentelles sévères susceptibles d'être rencontrées durant les transports (choc, chute, incendie, immersion sous l'eau).

De plus, la sûreté doit faire l'objet d'une vigilance permanente et d'une démarche d'amélioration continue, tenant compte notamment du retour d'expérience disponible ainsi que des nouvelles connaissances techniques acquises.

QUELQUES ÉLÉMENTS DE CONTEXTE RELATIFS À L'ANALYSE PAR L'IRSN DES ÉVÉNEMENTS "TRANSPORT" POUR 2012 ET 2013

La réglementation française impose que tout événement significatif (c'est-à-dire présentant une importance particulière selon des critères définis par l'Autorité de sûreté nucléaire - ASN) survenu dans le cadre d'une opération de transport de substances radioactives soit déclaré à l'Autorité dans un délai de deux jours ouvrés suivant sa détection, que cet événement ait donné lieu ou non à des conséquences radiologiques. A la suite, le déclarant doit transmettre à l'Autorité un compte rendu détaillé de cet événement présentant notamment les actions correctives destinées à éviter sa répétition.

Dans le cadre de ses activités relatives à la sûreté des transports de substances radioactives, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) analyse les événements survenus lors de ces transports et déclarés à l'ASN (événements "transport"). Les enseignements qui en sont tirés alimentent le retour d'expérience de l'IRSN destiné à améliorer la sûreté des transports en faisant évoluer les emballages, les pratiques ou encore la réglementation.

L'IRSN exploite le retour d'expérience des événements "transport" dans le cadre de ses activités d'expertise technique des dossiers de sûreté des colis pour le compte de l'ASN (de l'ordre de 70 à 80 avis émis par an au cours des dix dernières années).

En lien avec cette analyse, l'IRSN réalise également un examen d'ensemble des événements "transport" pour en tirer des leçons plus globales concernant la sûreté des transports de substances radioactives à usage civil circulant sur le territoire français. Ces leçons sont notamment l'objet des rapports que l'IRSN publie sur le sujet tous les deux ans, depuis 2008 ; dans ce cadre, les trois premiers » rapports publiés par l'IRSN** couvrent la période 1999-2011.

Ces bilans ont notamment pour objectif de participer à l'information du public sur les transports de substances radioactives, les risques liés au transport des matières dangereuses étant un sujet de préoccupation important pour les Français, comme l'attestent les » baromètres IRSN sur la perception des risques et de la sécurité*** effectués depuis une quinzaine d'années.

En octobre 2013, 42,9 % des Français considéraient que le risque lié au transport des matières dangereuses était élevé.

(*) http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/transport/transport-matiere-radioactive/Pages/sommaire.aspx

(**) <http://www.irsn.fr/FR/Recherche/Pages/RechercheAvancee.aspx?k=Bilan%20des%20incidents%20de%20transport%20de%20mati%3a%20radioactives%20c%3a0%20usage%20civil>

(***) <http://www.irsn.fr/FR/IRSN/Publications/barometre/Pages/default.aspx>

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS TIRÉS PAR L'IRSN DE L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS "TRANSPORT" POUR 2012 ET 2013

Les enseignements tirés par l'IRSN de son analyse des événements "transport" déclarés à l'ASN en 2012 et 2013 font l'objet du quatrième rapport public de l'IRSN ; les principales conclusions sont présentées ci-après.

Aperçu général

Depuis 1999, une centaine d'événements sont déclarés chaque année, ce qui, au regard des flux annuels de transport de substances radioactives sur le territoire français, représente, en moyenne, un événement pour 10 000 colis transportés. **Il n'y a pas eu, en 2012 comme en 2013, d'évolution notable de ce nombre d'événements par rapport aux années précédentes.** En outre, le nombre d'événements ayant eu des conséquences radiologiques ou ayant conduit à une dégradation des composants de l'emballage importants pour la sûreté est en baisse depuis le début des années 2000.

La répartition des événements par mode de transport, secteur d'activité, type de colis ou par motif de déclaration à l'ASN est globalement similaire à celle des années précédentes. **C'est le secteur du cycle du combustible qui représente la majorité des événements déclarés, avec une soixantaine d'événements par an.** Viennent ensuite le secteur médical avec une trentaine d'événements par an, dont la plupart correspondent à des endommagements de colis lors d'opérations de manutention en zones aéroportuaires et à des pertes, pour la plupart temporaires, de colis lors des transits dans ces zones, puis le secteur de l'industrie non nucléaire et des contrôles techniques industriels, avec moins de dix événements déclarés chaque année, et enfin le secteur de la recherche, avec de l'ordre de quatre événements par an en moyenne ; pour ces deux derniers secteurs, les événements sont majoritairement liés à des écarts de nature documentaire, comme par exemple un mauvais étiquetage des colis.

En 2012 et 2013, une trentaine d'événements relatifs à des dépassements limités des exigences réglementaires en matière de débit d'équivalent de dose autour du colis et de contamination à la surface du colis ou du moyen de transport ont été déclarés. **Aucun de ces événements n'a eu de conséquences radiologiques significatives pour les travailleurs, la population et l'environnement.**

Ainsi, l'analyse globale des événements "transport" déclarés au cours des années 2012 et 2013 ne met pas en évidence de dégradation de la sûreté des transports des substances radioactives sur le territoire français pendant cette période, et notamment des transports liés aux activités du cycle du combustible, qui présentent les plus forts enjeux en matière de sûreté.

Améliorations constatées et points de vigilance à retenir

Pour ce qui concerne la **robustesse des emballages de transport**, et en particulier leur capacité à assurer le confinement des substances radioactives :

- le 18 avril 2012, deux colis de transport de combustibles neufs ont chuté, d'une hauteur comprise entre 1 et 2 mètres, lors d'une manutention dans la zone de fret de l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle. Les dommages constatés par l'IRSN à l'issue de la chute des deux colis de type TN-BGC 1 (figure 7), s'ils n'ont pas eu de conséquence directe sur la sûreté au moment de l'événement, ont confirmé l'existence d'incertitudes quant au comportement des colis de ce type en cas d'accident.



Figure 7 / Vue du colis endommagé lors de l'événement du 18 avril 2012 à l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle.

Pour améliorer la sûreté de ce type d'emballage, le concepteur de l'emballage a proposé des modifications structurelles qui ont été autorisées par l'ASN suite à l'évaluation de l'IRSN ;

- deux nouveaux événements concernant des anomalies relatives au serrage des vis de fixation des capots amortisseurs d'emballage de transport de combustibles irradiés sont survenus fin 2013 et début 2014, alors que le nombre d'événements de ce type avait baissé de façon significative par rapport à 2011 suite à la mise en place de mesures correctives de nature organisationnelle ; à cet égard, une réflexion a été engagée par le concepteur des emballages impliqués sur la nécessité de modifier les paramètres de fermeture des capots amortisseurs.

Les emballages utilisés pour le transport, vers l'usine AREVA de La Hague, d'assemblages combustibles irradiés dans les réacteurs d'EDF, sont munis à chaque extrémité d'un capot, rempli de blocs de bois, dont le rôle est d'amortir les chocs mécaniques en cas d'impact accidentel (chute du colis ou collision routière) et de protéger les joints assurant l'étanchéité de l'enveloppe de confinement de la substance radioactive en cas d'incendie.

En outre, les résultats d'une étude de l'IRSN, réalisée à l'aide de simulations numériques, ont montré que la robustesse des colis de transport de combustibles irradiés leur permettrait de résister à un incendie plausible ayant des caractéristiques dépassant les exigences fixées par la réglementation en matière de tenue à un incendie (épreuve de feu, simulée par des flammes à 800 °C enveloppant complètement le colis, pendant 30 minutes).

Cette étude fait notamment référence au seul accident de transport dans le monde ayant exposé un colis* de type B à un feu sévère, survenu sur la RN4 à Fère-Champenoise (Marne), le 5 avril 2007. Lors de cet accident, une durée d'incendie estimée entre 15 et 50 minutes a été déclarée.

(*) Constitué d'un emballage chargé d'une source radioactive scellée

Pour ce qui concerne la **fiabilité des opérations de transport** :

- › la diminution du nombre d'événements liés à un défaut de système de fermeture des colis et à des écarts relatifs au contenu chargé dans les emballages de combustibles irradiés, en 2012 et 2013, semble témoigner que les dispositions correctives de nature organisationnelle (telles que, par exemple, le renforcement des actions de contrôle des colis à expédier et des actions de formation auprès des opérateurs en charge de ces contrôles) mises en place par les expéditeurs des colis sont pertinentes ;
- › **les événements liés aux défauts d'arrimage des colis sur, ou dans, leur véhicule de transport, méritent une attention particulière** dans la mesure où de tels défauts d'arrimage peuvent conduire à la chute de colis, notamment sur la route.

Par exemple, le 19 novembre 2012, lors d'une livraison au Centre hospitalier universitaire de Nîmes, un colis contenant une fiole de traceur radioactif est tombé sur la route en cours de transport.

L'analyse de l'événement a notamment révélé que le véhicule utilisé pour le transport n'était pas pourvu des sangles devant permettre d'effectuer l'arrimage du colis. A ce sujet, le gérant de la société de transport n'avait pas effectué de contrôle du véhicule utilisé afin de vérifier que les moyens d'arrimage et de calage requis par la réglementation étaient mis à disposition du conducteur. En outre, le conducteur ne disposait pas de consignes d'arrimage.

Ce sujet fait l'objet de groupes de travail, aux niveaux national et international, auxquels l'IRSN participe, visant notamment à établir des critères de dimensionnement des dispositifs d'arrimage selon les modes de transport utilisés (routier, ferroviaire, aérien et maritime) et à formuler, sous forme de guides à l'attention

des expéditeurs et des transporteurs, les bonnes pratiques à mettre en œuvre afin de fiabiliser l'arrimage des colis ;

- › le nombre d'événements déclarés concernant le secteur de l'industrie et des contrôles techniques peut sembler sous-estimé au regard du nombre de colis transportés (1 événement pour plus de 70 000 colis transportés). A ce sujet, l'analyse des motifs de déclaration de ces événements (erreurs documentaires et d'étiquetage – figure 8, défauts d'arrimage ou endommagements de colis lors de la manutention) laisse à penser que les expéditeurs et transporteurs concernés ne mettent pas en œuvre des méthodes d'identification et de déclaration des événements aussi performantes que les acteurs du secteur du cycle du combustible nucléaire. Cette situation suggère que ces opérateurs ont une connaissance insuffisante des exigences réglementaires ou qu'ils sont moins sensibles aux risques liés aux rayonnements ionisants. **Ce retour d'expérience confirme l'intérêt, ainsi que l'importance, de la mise en place d'actions visant à sensibiliser et à former régulièrement les acteurs du nucléaire "de proximité".**



Figure 8 / Pose de signalisation obligatoire relative au transport d'un colis de substances radioactives de forte activité.



SOMMAIRE

1

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES	17
› Cadre réglementaire relatif au transport des matières dangereuses	18
› Principaux éléments relatifs à la sûreté des transports de substances radioactives	20
› Nature et flux des transports de substances radioactives sur le territoire français	22
› Présentation des transports de substances radioactives par secteurs d'activité	23
ANALYSE GLOBALE DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS	29
› Éléments relatifs à la déclaration d'un événement survenu au cours d'un transport de substances radioactives	30
› Bilan des événements et analyse des principales tendances observées au cours des années 2012 et 2013 par rapport aux années précédentes	32
› Analyse des principaux types d'événements survenus en 2012 et 2013 par rapport aux années précédentes	36
ÉVÉNEMENTS MARQUANTS	45
› Événement du 18 avril 2012 d'endommagement d'un colis suite à sa chute au cours d'une opération de manutention	46
› Événement du 8 octobre 2012 relatif à un contenu non conforme dans un colis	48
› Événement du 19 novembre 2012 de perte d'un colis sur la voie publique	50
› Événement du 23 décembre 2013 relatif au déraillement d'un wagon d'un train en gare du Bourget	52
SUJETS TRANSVERSES	57
› Retour d'expérience de la gestion de crise liée aux événements de transport de substances radioactives	58
› Etude de l'IRSN sur le comportement des emballages lors de feux de longue durée	61
SIGLES	67
GLOSSAIRE	73

Les mots soulignés et précédés du symbole » renvoient à des liens.
Ces liens sont actifs sur » www.irsn.fr ou sur » www.asn.fr.

A large, stylized number '1' in a dark green color, positioned to the right of the main title.

**PRÉSENTATION
DES TRANSPORTS
DE SUBSTANCES
RADIOACTIVES**

1 PRÉSENTATION DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sur les quinze millions de colis de matières dangereuses transportés chaque année sur le territoire français, par route, chemin de fer, voie de navigation intérieure, mer ou air, environ 980 000 sont constitués par des colis de substances radioactives qui font l'objet d'environ 770 000 transports. Ces transports sont soumis à des règles strictes, notamment en termes de classification des substances et des colis et de dispositions destinées à maîtriser la sûreté dans les conditions de transport de routine comme en conditions accidentelles de transport.

+ CADRE RÉGLEMENTAIRE RELATIF AU TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES

Afin d'éviter, dans toute la mesure du possible, les nuisances associées aux dangers des matières transportées, le transport des matières dangereuses est soumis à une réglementation de sécurité spécifique. Les principes fondamentaux de cette réglementation ont été définis au sein du Conseil économique et social (ECOSOC) de l'Organisation des Nations Unies (ONU) sous la forme de recommandations qui sont présentées dans un "Règlement type sur le transport des marchandises dangereuses" (autrement appelé "Livre orange" - figure 1.1). Ces recommandations constituent le socle commun de tous les règlements relatifs au transport des matières dangereuses applicables dans le monde. Pour tenir compte, en particulier, des différentes propriétés des matières dangereuses transportées (explosibles, inflammables, toxiques, radioactives...) et des différents types de risques associés (explosion, incendie, exposition aux rayonnements ionisants...), le "Livre orange" de l'ONU spécifie une classification de ces matières.

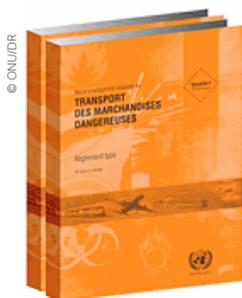


Figure 1.1 / Règlement type de l'ONU sur le transport des marchandises dangereuses.



Quelles sont les différentes classes de marchandises dangereuses définies dans le "Livre orange" ?

Il existe neuf classes principales qui regroupent les marchandises par nature de danger (figure 1.2) :

- Classe 1 : matières et objets explosibles
- Classe 2 : gaz (comprimés, liquéfiés ou dissous) inflammables, gaz ininflammables non toxiques, gaz toxiques
- Classe 3 : liquides inflammables
- Classe 4 : matières solides inflammables
- Classe 5 : matières comburantes et peroxydes organiques
- Classe 6 : matières toxiques et matières infectieuses
- Classe 7 : matières radioactives
- Classe 8 : matières corrosives
- Classe 9 : matières et objets dangereux divers



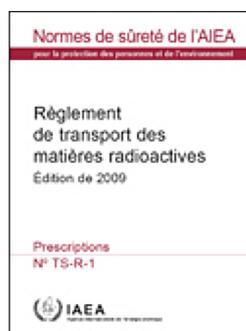
Figure 1.2 / Logos relatifs aux différentes classes de marchandises dangereuses.

La réglementation relative au transport des colis de substances radioactives est spécifique à chaque mode de transport.

Les règles techniques et organisationnelles applicables au transport des substances¹ radioactives (classe 7) sont élaborées à un niveau international sous la coordination de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA). Lorsque la nature et la quantité des substances le justifient, l'AIEA recommande que celles-ci soient conditionnées dans des colis présentant des performances adaptées aux risques induits par les substances transportées, en vue de garantir la protection contre les rayonnements ionisants, d'éviter la dispersion de ces substances, d'assurer la protection contre les effets de la chaleur qu'elles dégagent et d'exclure les conditions nécessaires à une réaction en chaîne de fissions.

Ces recommandations de l'AIEA (figure 1.3), intégrées dans le "Livre orange" de l'ONU, sont transposées dans des réglementations dites "modales", c'est-à-dire propres à chaque mode de transport.

Figure 1.3 / Règlement de l'AIEA sur le transport des substances radioactives.



Ces réglementations "modales" sont rendues applicables sur le territoire de l'Union Européenne par la directive européenne 2008/68/CE du parlement européen et du conseil du 24 septembre 2008. Cette directive est complétée, en France, par l'arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses (TMD) par voies terrestres (dit "arrêté TMD"), le règlement (CE) n° 859/2008 de la commission du 20 août 2008 et les instructions EU OPS1 du 26 juin 2008 pour le transport aérien ainsi que l'arrêté du 23 novembre 1987 modifié relatif à la sécurité des navires.

En France, c'est l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) qui est en charge de la réglementation de la sûreté des transports de substances radioactives à usage civil et du contrôle de son application.

(1) La définition de l'article L542-1-1 du code de l'environnement indique que les substances radioactives englobent les matières radioactives et les déchets radioactifs. La réglementation du transport s'appliquant aux deux catégories ; c'est le terme "substance" qui est retenu dans le présent rapport dans tous les cas concernant les matières dangereuses de la classe 7.

Quel texte réglementaire pour quel mode de transport ?

Les réglementations "modales" relatives aux transports nationaux et internationaux de matières dangereuses au sein de l'Europe par voies terrestres sont élaborées au sein de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-ONU) :

- › transport par voies routières → accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route dit "ADR" (European Agreement concerning the international carriage of Dangerous goods by Road – figure 1.4) ;
- › transport par voies ferrées → règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses dit "RID" (Regulations concerning the International carriage of Dangerous goods by rail – figure 1.4) ;
- › transport par voies de navigation intérieure → accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieure dit "ADN" (European Agreement concerning the international carriage of Dangerous goods by inland waterways – figure 1.4).

Les réglementations "modales" relatives au transport de matières dangereuses par air (Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods de l'Organisation de l'aviation civile internationale – figure 1.4) et par mer (International Maritime Dangerous Goods code (IMDG code) de l'Organisation Internationale Maritime – figure 1.4) sont établies au niveau international.

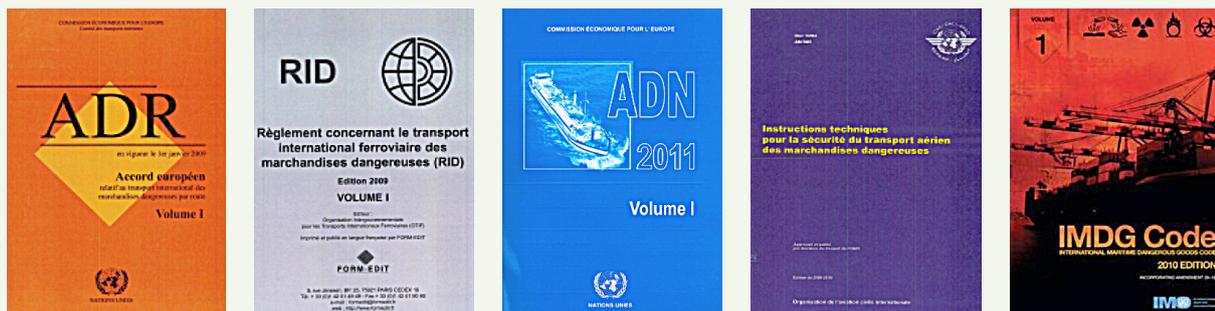


Figure 1.4 / Documents relatifs à la réglementation du transport de matières dangereuses par voies terrestres, aériennes ou maritimes.



PRINCIPAUX ÉLÉMENTS RELATIFS À LA SÛRETÉ DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Les exigences liées au transport de **substances radioactives** concernent toutes les opérations et conditions associées au mouvement de ces substances sur la voie publique. Ainsi, outre le déplacement des substances radioactives entre le site expéditeur et le destinataire, sont concernées l'ensemble des étapes nécessaires à sa réalisation, telles que le chargement et le déchargement du ou des emballages utilisés, l'entreposage éventuel en transit ainsi que la conception des emballages, leur fabrication, leur entretien et leur réparation.

Les exigences liées au transport de substances radioactives concernent toutes les opérations et conditions associées au mouvement de ces substances.

Les transports de substances radioactives concernent une grande diversité de substances, de formes physiques et chimiques, de quantités de radioactivité et de conditionnements ; ils sont susceptibles de générer des risques de différentes natures, tels que des risques de dissémination (contamination de personnes ou de l'environnement), des risques d'exposition aux rayonnements ionisants (irradiation de personnes), des risques liés aux dégagements thermiques (dégagement de chaleur produite par décroissance radioactive), des risques chimiques (par exemple, toxicité en cas d'ingestion d'uranium naturel, toxicité et corrosion dans le cas de relâchement d'hexafluorure d'uranium...), des risques d'explosion (production de gaz inflammables par radiolyse ou thermolyse) ou encore des risques de criticité (réaction en chaîne de fissions pouvant entraîner une irradiation grave de personne ainsi qu'une dispersion de radioactivité).

Qu'est-ce que la radiolyse ?

La radiolyse est la décomposition de substances chimiques sous l'effet de rayonnements ionisants. Par exemple, la décomposition de l'eau (molécule d' H_2O) conduit à la formation d'hydrogène (H_2) qui est un gaz inflammable. La radiolyse de matières organiques conduit également à la production de méthane (CH_4), autre gaz inflammable.

Qu'est-ce que la thermolyse ?

La thermolyse est la décomposition de substances chimiques sous l'effet de la chaleur. Tout comme la radiolyse, la thermolyse de l'eau conduit à un relâchement d'hydrogène et la thermolyse de matières organiques conduit aussi à un relâchement de méthane.

Comme c'est le cas pour les installations nucléaires de base, la sûreté des transports de substances radioactives repose sur le concept de "défense en profondeur."

Pour la sûreté des transports de substances radioactives, le concept de "défense en profondeur" se décline selon trois axes :

- › la robustesse des emballages de transport, qui doivent être conçus pour maîtriser les risques associés aux substances radioactives transportées en toutes conditions de transport, y compris les situations accidentelles ; à cet égard, les différentes conditions de transport sont simulées par des épreuves "test" de différents niveaux de sévérité ;
- › la conformité et la fiabilité des opérations de transport, fondées sur le respect des exigences réglementaires et de conception, qui s'appuient notamment sur une formation appropriée du personnel impliqué dans les opérations de transport et sur la prise en compte du retour d'expérience ;
- › l'intervention en cas d'incident ou d'accident, via un dispositif de gestion de crise dédié, visant à limiter les conséquences des incidents ou des accidents et à mettre en place les mesures nécessaires à la protection des personnes et de l'environnement.



Les exigences définies par la réglementation internationale quant à la robustesse des emballages destinés à transporter des substances radioactives dépendent de la nature et de la quantité des substances transportées.

À cet égard, la réglementation distingue six types de conditionnement, en vrac ou en colis (le terme de colis désigne le contenu (les substances radioactives) et le contenant (l'emballage)) :

- › **le transport en vrac** n'est autorisé que pour les matières de très faible radioactivité ou très faiblement contaminées ;
- › **les colis exceptés** (figure 1.5) sont conçus pour contenir de faibles quantités de radioactivité. Ils retiennent leur contenu radioactif dans les conditions de transport dites « de routine » seulement (solllicitations représentatives de celles rencontrées en cours de transport et lors de la manutention des colis). Ils sont notamment utilisés pour le transport de certains produits radio-pharmaceutiques et d'appareils de contrôle fonctionnant avec des sources radioactives de faible activité ;



Figure 1.5 / Exemple de colis excepté.

- › **les colis de type industriel** (IP – "industrial package" - figure 1.6) sont conçus pour contenir des substances de faible activité spécifique (activité par unité de masse, s'exprimant en Becquerel par gramme - Bq/g) ou des objets contaminés superficiellement. Ils retiennent leur contenu radioactif et limitent les fuites de rayonnements lors d'incidents de transport de sévérité limitée (notamment une chute d'une hauteur limitée et une chute de barre métallique sur le colis). Ils sont utilisés en particulier pour le transport de minerai, concentré ou composé d'uranium, d'équipements ou de déchets faiblement contaminés (gants, chiffons, seringues, outils...) envoyés dans un centre de stockage de surface



Figure 1.6 / Exemple de colis de type IP.

dédié à ce type de déchets, ou encore de combustibles nucléaires neufs destinés aux centrales nucléaires de production d'électricité ;

- › **les colis de type A** (figure 1.7) sont conçus pour contenir des substances radioactives en quantité ne dépassant pas un seuil d'activité, fixé par la réglementation pour chaque isotope radioactif, de telle sorte que les doses induites en cas de rupture accidentelle du colis n'empêchent pas l'intervention en cas d'accident. 70 % de ces colis concernent des sources radioactives à usage thérapeutique utilisées dans les hôpitaux ;



Figure 1.7 / Exemple de colis de type A.

- › **les colis de type B** (figure 1.8) sont conçus pour contenir de grandes quantités de radioactivité. Leurs performances de confinement, de protection contre les rayonnements ionisants et, le cas échéant, de prévention des risques de criticité doivent être garanties dans des conditions d'épreuves définies pour simuler des accidents de transport sévères (chute d'une hauteur de 9 mètres sur une cible indéformable, chute d'une hauteur de 1 mètre sur un poinçon, feu de 800 °C pendant 30 minutes et immersion sous une hauteur d'eau de 15 mètres ou 200 mètres). Ces transports concernent en particulier les combustibles irradiés, les sources fortement radioactives, le plutonium et les déchets radioactifs de haute activité à vie longue (déchets vitrifiés par exemple) ;



Figure 1.8 / Exemple de colis de type B.

- › **les colis de type C** sont conçus pour contenir de grandes quantités de substances radioactives et sont destinés au transport aérien. Leurs performances de confinement, de protection contre les rayonnements ionisants et de prévention des risques de criticité doivent être garanties dans les conditions d'épreuves de sévérité renforcée par rapport à celles applicables aux colis de type B (impact sur une cible à 90 mètres par seconde, chute d'une hauteur de 3 mètres sur un poinçon, feu de 800 °C pendant 60 minutes). Il n'existe pas, en France, de modèle de colis de type C utilisé pour le transport de substances radioactives dans le domaine civil.

NATURE ET FLUX DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS

En France, les transports de substances radioactives représentent environ 6 % des transports de matières dangereuses, soit environ 980 000 colis par an. Ces transports concernent le cycle du combustible nucléaire, mais également, et dans leur majorité, le domaine médical ainsi que le secteur industriel "classique" (industries non nucléaires) et la recherche.

La répartition des flux de transport de substances radioactives par types de colis, par secteurs d'activité et par modes de transport ne fait pas apparaître d'évolution notable ces dix dernières années.

Les répartitions des flux de transport sont illustrées par secteurs d'activité dans la figure 1.9 et par types de colis dans la figure 1.10².

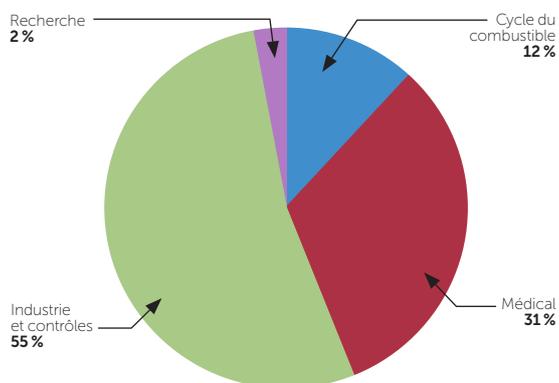


Figure 1.9 / Flux de transport par secteurs d'activité.

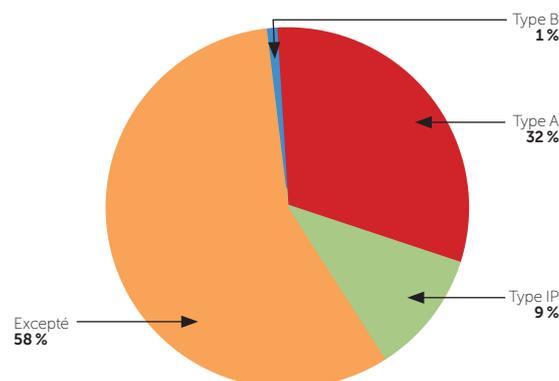


Figure 1.10 / Flux de transport par types de colis.

Les colis exceptés, majoritaires en termes de flux de transport, sont, pour plus des trois quarts, expédiés par des industriels et des acteurs du secteur du contrôle technique, alors que les colis de type A sont, pour les deux tiers, expédiés par les acteurs du secteur médical. Les transports de colis de type IP sont à plus de 90 % destinés au cycle du combustible nucléaire, alors que les colis de type B sont, en termes de nombre de transports, très majoritairement (à plus de 90 %) destinés au transport de gammagraphes utilisés dans l'industrie.

Le principal mode de transport des colis de substances radioactives est le transport routier.

Le principal mode de transport des colis de substances radioactives est le transport routier ; environ 95 % des colis sont transportés exclusivement par route. Les 5 % de colis restants font l'objet de transports combinés, notamment par route et air (environ 4 % des colis) et par route, mer et rail (environ 1 % des colis).

Quels sont les types de colis qui nécessitent un agrément de l'Autorité de sûreté nucléaire ?

Seuls les colis de type B ainsi que les colis contenant des matières fissiles en quantités supérieures à certains seuils réglementaires ou contenant plus de 100 g d'hexafluorure d'uranium doivent faire l'objet d'un agrément. Pour les colis à usage civil conçus en France, c'est l'ASN qui délivre les agréments ; dans ce but, l'ASN fait appel à l'IRSN pour l'expertise technique du dossier préparé par l'industriel pour démontrer la sûreté du colis.

A contrario, les colis exceptés, de type A et de type IP dont les quantités de matières fissiles et d'hexafluorure d'uranium sont inférieures aux seuils réglementaires, peuvent être transportés sans agrément délivré par l'ASN. L'analyse de sûreté et les dossiers de conformité des transports impliquant ces colis doivent cependant être mis à disposition de l'ASN, qui peut en contrôler le contenu dans le cadre d'inspections.

(2) L'ensemble des chiffres et des répartitions de flux de transport considérés dans le présent rapport sont issus d'une collecte d'informations réalisée par l'ASN en 2012 auprès de l'ensemble des expéditeurs de substances radioactives (<http://www.asn.fr/Informer/Dossiers/Le-transport-des-substances-radioactives-en-France>).

PRÉSENTATION DES TRANSPORTS DE SUBSTANCES RADIOACTIVES PAR SECTEURS D'ACTIVITÉ

Environ 12 % des colis de substances radioactives transportés annuellement sur le territoire français proviennent du secteur industriel lié à la production d'électricité d'origine nucléaire

Cycle du combustible en France

Le cycle du combustible (figure 1.11) concerne l'ensemble des opérations relatives à la fabrication du combustible, à son irradiation en réacteur, puis à la gestion du combustible usé. De manière conventionnelle, le cycle débute avec l'extraction du minerai d'uranium et s'achève avec le stockage des combustibles usés ou celui des divers déchets radioactifs provenant de leur traitement et comprend également le recyclage des matières valorisables issues de ce traitement.

Le cycle du combustible représente environ 12 % du nombre de colis transportés (soit de l'ordre de 19 000 transports, représentant un total de 114 000 colis par an). Un peu plus de la moitié de ces colis (58 000 par an) sont en provenance ou à destination de l'étranger.

Fabrication et fourniture du combustible nucléaire :

Le minerai d'uranium est acheminé depuis les mines exploitées par AREVA à l'étranger (Niger, Canada, Kazakhstan, Australie, Afrique du Sud) dans des fûts de type industriel (IP), transportés dans des conteneurs ISO 20 pieds vers l'usine COMURHEX-Malvézi de Narbonne. Dans cette usine, il est transformé en tétrafluorure d'uranium (UF_4) avant d'être transporté en colis de type IP vers l'usine COMURHEX du Tricastin, située à Pierrelatte, pour y être converti en hexafluorure d'uranium (UF_6).

Cet UF_6 est ensuite transporté, dans des "cylindres" de type 48Y (conteneurs d'un diamètre de 48 pouces, soit 1,22 mètre), vers l'usine Georges Besse II de Pierrelatte afin d'y être enrichi (c'est-à-dire de porter la proportion

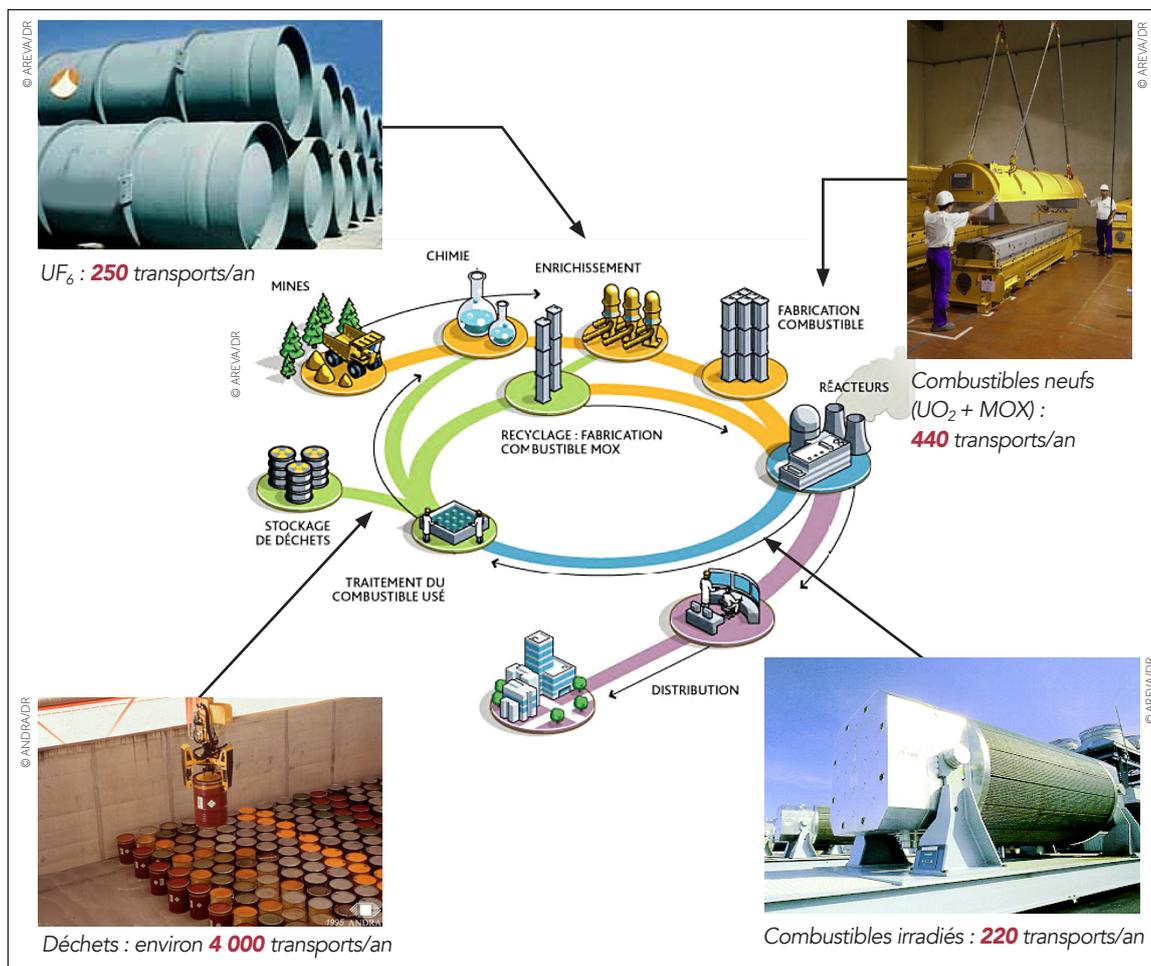


Figure 1.11 / Le cycle du combustible nucléaire et les différents transports de substances radioactives associés.

d'atomes d'²³⁵U dans l'uranium de 0,7 % à de l'ordre de 5 %) grâce à un procédé de centrifugation. A noter qu'une partie de l'UF₆ enrichi est également directement importée depuis les États-Unis et la Russie. L'UF₆ enrichi est acheminé sur le site de l'usine FBFC (Franco-Belge de Fabrication de Combustible) de Romans-sur-Isère dans des "cylindres" de type 30B (conteneurs d'un diamètre de 30 pouces, soit 0,76 mètre), chargés dans une coque de protection (de type UX-30 ou COG-OP-30B), afin d'être transformé en poudre d'oxyde d'uranium (UO₂) qui est ensuite compactée sous forme de pastilles. Ces pastilles sont ensuite introduites dans des gaines d'alliage de zirconium pour constituer des crayons combustibles qui, assemblés, formeront des assemblages combustibles (figure 1.12).

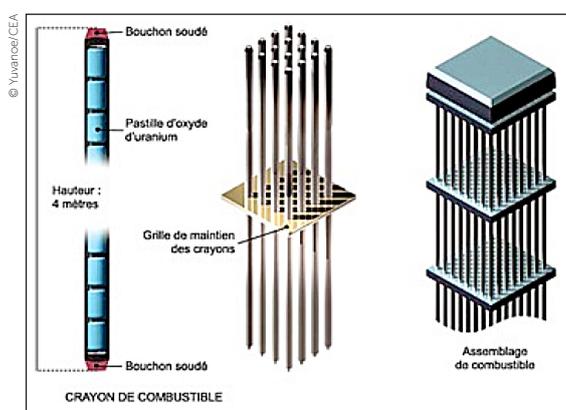


Figure 1.12 / Schéma d'un crayon et d'un assemblage combustible.

Les assemblages combustibles neufs à base d'UO₂ produits dans l'usine FBFC de Romans-sur-Isère sont transportés vers les centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) d'Électricité de France (EDF) dans des emballages FCC (colis de type industriel pour matière fissile). Par ailleurs, les assemblages à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (assemblages MOX), fabriqués à l'usine MELOX de Marcoule à partir de l'oxyde de plutonium (PuO₂) issu du traitement du combustible irradié, sont transportés vers les centrales d'EDF dans des emballages MX 8 ou FS 65 (colis de type B pour matière fissile).

Évacuation du combustible irradié :

Après leur utilisation dans le cœur des réacteurs nucléaires français et de réacteurs de pays étrangers (Pays-Bas, Italie), les assemblages combustibles irradiés à base d'UO₂ ou de MOX sont expédiés dans des emballages TN 12/2, TN 13/2 ou TN 17/2 (colis de type B) jusqu'à l'usine AREVA de La Hague pour y être traités.

Matières valorisables issues du traitement du combustible irradié :

Le PuO₂ issu du traitement des combustibles irradiés à l'usine AREVA de La Hague est expédié à l'usine MELOX dans des emballages FS 47 (colis de type B) pour la fabrication d'assemblages combustibles MOX. Le nitrate d'uranyle issu des opérations de traitement est transporté en citerne mobile LR 65 (colis de type industriel) de l'usine de La Hague vers le site AREVA de Pierrelatte pour une conversion en sesquioxyde d'uranium (U₃O₈) en vue d'une réutilisation ultérieure pour la fabrication d'assemblages combustibles.

Déchets issus du cycle du combustible :

Les déchets de très faible activité (déchets TFA) sont transportés au centre de stockage (CSTFA) situé à Morvilliers, dans l'Aube, et les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (déchets FMA-VC) sont transportés, dans des colis de type A ou IP, vers le centre de stockage de l'Aube (CSA) situé à Soullaines-Dhuys (figure 1.13).



Figure 1.13 / Vue aérienne du centre de stockage de l'Aube.

Pour les déchets de haute activité à vie longue (déchets HA-VL), ceux générés par le traitement, à l'usine AREVA de La Hague, d'assemblages combustibles issus de réacteurs étrangers sont retournés à leur pays d'origine (Allemagne, Pays-Bas, Japon, Suisse, Belgique, Australie...) dans des colis de type B.

Transport de déchets radioactifs et de combustibles irradiés impliquant un Etat membre de l'Union Européenne

La directive européenne CE 2006/117/EURATOM, transposée en droit français par le décret n°2008-1380 du 19 décembre 2008, instaure un système de contrôle et d'autorisation préalable pour tout transport de déchets radioactifs et de combustible usé ayant comme point de départ, de transit ou de destination un État membre de l'Union européenne (UE). Elle permet de vérifier, en préalable au transport, l'accord des différents pays concernés.

L'entretien et la maintenance des outillages et matériels contaminés dans les réacteurs électronucléaires sont assurés par la Base chaude opérationnelle du Tricastin (BCOT), par la société SOCODEI (Société pour le conditionnement des déchets et des effluents industriels) et par la société SOMANU (Société de maintenance nucléaire). Les transports correspondants sont principalement réalisés dans des colis de type A ou industriel.

Secteur médical

Environ 260 000 colis contenant des sources radioactives à usage médical (médecine nucléaire) sont transportés chaque année en France. Ces sources sont expédiées, par voie routière ou aérienne, dans des colis exceptés ou des colis de type A, vers des hôpitaux dans toute la France et à l'étranger.

Les colis de sources radioactives destinées à un usage médical représentent environ 30 % des colis de substances radioactives transportés annuellement sur le territoire français.

Le principal expéditeur est la société CIS Bio International (180 000 colis expédiés en 2013) qui est le leader français de la production de radio-isotopes utilisés pour la radiothérapie et l'imagerie médicale (scintigraphie), tels que le molybdène 99 (^{99}Mo), dont la décroissance radioactive produit du technétium 99 métastable ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), dans des générateurs de technétium, le thallium 201 (^{201}Tl), l'yttrium 90 (^{90}Y), différents isotopes de l'iode (iode 131 - ^{131}I - par exemple)... Les sources non scellées produites peuvent être conditionnées de différentes manières selon leur utilisation (sources sous forme solide pour la radiothérapie, sources sous forme liquide pour la scintigraphie par exemple).

En 2013, la part de colis expédiée par la société CIS Bio International à l'étranger a été de 64 %. Étant donné les périodes radioactives très courtes de ces sources (périodes allant de quelques heures (6 heures pour le $^{99\text{m}}\text{Tc}$) à quelques jours (8 jours pour l' ^{131}I)), les expéditions à destination des pays situés hors d'Europe sont réalisées par voie aérienne. À cet égard, l'aéroport de Roissy - Charles de Gaulle est le principal point de départ des colis expédiés par CIS Bio International hors de France (de l'ordre de 50 000 colis expédiés en 2013).

En outre, environ 45 000 colis sont expédiés chaque année par la société Mallinckrodt, basée aux Pays-Bas, vers les hôpitaux français. La société Amersham (groupe GE Healthcare), basée en Grande-Bretagne, fournit également des générateurs de technétium.

Industrie et contrôles techniques industriels

Plus de la moitié des colis de substances radioactives transportés annuellement sur le territoire français sont à destination de secteurs industriels ne faisant pas partie du cycle du combustible.

L'industrie "classique" et le domaine des contrôles techniques industriels sont concernés par 55 % des colis de substances radioactives transportés (530 000 colis par an). Il s'agit notamment de sources radioactives scellées (cobalt 60 principalement) utilisées dans des irradiateurs industriels (à des fins de stérilisation pour des secteurs tels que ceux de l'industrie pharmaceutique et de l'agro-alimentaire), ainsi que d'appareils de mesure, contenant une source radioactive scellée, tels que :

- des gammagraphes (sources de césium 137 ou d'iridium 192 - figure 1.14) utilisés pour des radiographies industrielles dans des secteurs variés tels que l'aéronautique, l'automobile et la métallurgie. Le transport de ces appareils est effectué dans des colis de type B (figure 1.15) ;



Figure 1.14 / Gammagraphe GAM-80.



Figure 1.15 / Emballage de transport de gammagraphe de type CEGEBOX.

- › des gamma-densimètres (sources de cobalt 57, de césium 137 ou d'américium 241 - figure 1.16), utilisés par le secteur du bâtiment et des travaux publics pour mesurer la densité et l'humidité de sols et de constructions. Le transport de ces appareils est effectué dans des colis de type A ;

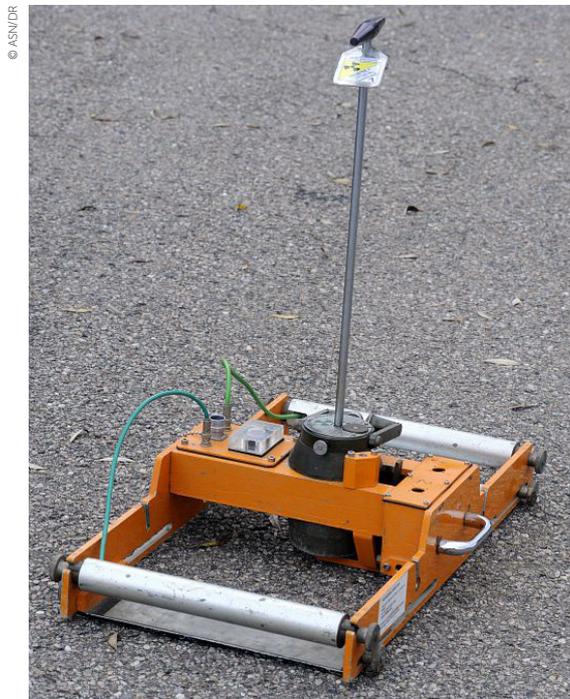


Figure 1.16 / Gamma-densimètre.

- › des analyseurs de plomb (sources de cobalt 57 ou de cadmium 109 - figure 1.17), utilisés pour des diagnostics dans le domaine de l'immobilier (contrôles de la teneur en plomb dans les peintures et les tuyauteries). Le transport de ces appareils est effectué dans des colis exceptés.



Figure 1.17 / Appareil de marque NITON-XLp 300 permettant l'analyse par fluorescence X pour la recherche de plomb.

Domaine de la recherche

Le domaine de la recherche représente environ 2 % des colis transportés (environ 19 000 colis par an). Les substances, transportées principalement dans des colis exceptés ou des colis de type A, sont des sources radioactives (par exemple des sources non scellées (figure 1.18) destinées à la recherche en biologie cellulaire), des substances activées ou des éléments de combustible irradié (morceaux de crayons combustibles par exemple), expédiés à destination de centres de recherche (principalement les centres de recherche du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et des universités), ainsi que des objets contaminés ou des déchets issus de ces centres.



Figure 1.18 / Manipulation de sources radioactives sous hotte dans un service de médecine nucléaire.

X



2

**ANALYSE GLOBALE
DES ÉVÉNEMENTS
SIGNIFICATIFS**



2 ANALYSE GLOBALE DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS



La réglementation impose que tout événement survenu dans le cadre des opérations de transport de substances radioactives, qu'il ait donné lieu ou non à des conséquences radiologiques, soit déclaré à l'ASN et, s'il s'agit d'un événement significatif, que le déclarant transmette à l'Autorité un compte rendu détaillé de cet événement présentant notamment les actions correctives destinées à éviter sa répétition.

Ce chapitre présente les enseignements tirés par l'IRSN de son analyse des événements "transport" à usage civil déclarés à l'ASN au cours des années 2012 et 2013 et les principales tendances observées par rapport aux années précédentes. Cette analyse s'efforce notamment d'identifier les évolutions depuis le précédent rapport public ainsi que les sujets qui nécessiteraient davantage de vigilance de la part des acteurs du transport (conditions d'exploitation, aspects liés au management de la sûreté...). Cette analyse ne traite pas des aspects relatifs à la protection des transports contre la malveillance qui fait l'objet d'une réglementation spécifique et d'actions de l'IRSN en support à l'autorité compétente.

+ ÉLÉMENTS RELATIFS À LA DÉCLARATION D'UN ÉVÉNEMENT SURVENU AU COURS D'UN TRANSPORT DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Conformément aux réglementations "modales" en vigueur, les expéditeurs de colis de substances radioactives sont tenus de déclarer tout événement affectant un transport, qu'il ait donné lieu ou non à des conséquences radiologiques. Sont concernés tous les événements survenus lors d'opérations de transport, c'est-à-dire soit au cours du transport lui-même, soit au cours des opérations de chargement, de déchargement ou de contrôle des colis avant et après le transport réalisé sur la voie publique.

Ces déclarations sont établies à l'aide du formulaire du [» Guide de déclaration des événements significatifs de l'ASN*](#) (publié en 2005), puis transmises à l'ASN ainsi qu'à l'IRSN, support technique de l'ASN, qui en font une analyse régulière.

Qui est responsable de la sûreté d'un transport de substances radioactives ?

L'expéditeur est responsable de la sûreté du colis transporté et doit, à ce titre, en garantir l'intégrité tout au long du transport. Il engage sa responsabilité lorsqu'il le remet au transporteur, accompagné de la déclaration d'expédition. Cela vise à assurer que, dans toute la chaîne de transport, les prescriptions réglementaires seront respectées. Le transporteur a, quant à lui, la responsabilité du bon déroulement de

l'acheminement. Il doit, avant le transport, s'assurer qu'il dispose d'une attestation certifiant que le chargement est conforme à la réglementation nationale et internationale. Il s'assure de la complétude et de la disponibilité des informations que lui transmet l'expéditeur et est soumis à des obligations concernant l'arrimage de l'emballage, le placardage et l'entretien des véhicules.

L'expéditeur peut mandater le transporteur pour ce qui concerne la déclaration des événements pouvant survenir lors de l'acheminement du colis.

(*) <http://professionnels.asn.fr/Installations-nucleaires/Evenements-significatifs-dans-le-domaine-INB>

Les événements "transport" entrant dans le cadre des critères définis par l'ASN dans son guide précité (tableau 2.1) sont considérés comme des événements "significatifs". Certains exploitants déclarent à l'ASN des événements qui n'entrent pas dans ces critères ; ils sont dénommés "événements intéressant la sûreté".

**"Critères de déclaration des événements significatifs de transport de matières radioactives"
figurant dans le Guide de déclaration de l'ASN publié en 2005**

Critère 1	Perte ou vol d'un colis de matières radioactives lors d'un transport
Critère 2	Expédition d'un colis alors que le destinataire n'est pas en mesure d'être livré
Critère 3	Découverte fortuite d'un colis de matières radioactives issu d'un transport n'ayant pas fait l'objet d'une déclaration de perte
Critère 4	Événement quelle qu'en soit la gravité, dès qu'il serait susceptible de conduire à des interprétations erronées ou malveillantes dans les médias ou le public
Critère 5	Acte de malveillance constaté ou tentative d'acte de malveillance susceptible d'affecter la sûreté du transport
Critère 6	Agression due, soit à des phénomènes naturels, soit à des activités humaines ayant affecté réellement ou potentiellement la sûreté du transport
Critère 7	Événement d'origine nucléaire ou non, ayant entraîné mort d'homme ou blessure grave nécessitant une évacuation du ou des blessés vers un centre hospitalier, lorsque l'origine des blessures est en rapport direct avec la sûreté du transport
Critère 8	Défaut, dégradation ou défaillance ayant affecté une fonction de sûreté qui a eu ou aurait pu avoir des conséquences significatives
Critère 9	Événement ayant affecté une ou plusieurs barrières interposées entre la matière radioactive et les personnes, et ayant entraîné, ou ayant pu entraîner, une dispersion de ces substances ou une exposition significative des personnes aux rayonnements ionisants au regard des limites fixées par la réglementation
Critère 10	Non-respect des exigences réglementaires du transport de matières radioactives qui a eu ou aurait pu avoir des conséquences significatives
Critère 11	Événement, même mineur, affectant une fonction de sûreté, dès lors qu'il présente un caractère répétitif dont la cause n'a pas été identifiée ou qui est susceptible d'être précurseur d'incidents
Critère 12	Non respect de l'une des limites réglementaires applicable à l'intensité de rayonnement ou à la contamination
Critère 13	Tout autre événement susceptible d'affecter la sûreté des transports jugé significatif par l'exploitant ou par l'Autorité de sûreté nucléaire

Tableau 2.1 / Critères de déclaration des événements "transport" figurant dans le Guide de déclaration des événements de l'ASN de 2005.

Conformément à l'article 7 de l'arrêté TMD du 29 mai 2009 modifié, tout événement significatif survenu lors d'opérations liées au transport d'un colis de substances radioactives doit être déclaré à l'ASN et ceci dans un délai de 2 jours ouvrés suivant la détection de l'événement.

Hors situation d'urgence avérée, la déclaration d'événement significatif doit être effectuée dans un délai de 2 jours ouvrés suivant la détection de l'événement. Lorsqu'il s'agit d'un événement significatif, le déclarant doit ensuite transmettre à l'ASN un compte rendu détaillé de l'événement dans les deux mois suivant sa déclaration. Ce compte rendu doit permettre d'apporter des informations qui ne seraient pas encore connues lors de la déclaration de l'événement. En particulier, il doit présenter le déroulement de l'événement et l'analyse de ses causes et de ses conséquences (résultats de mesures par exemple) ainsi que les dispositions, notamment techniques et opérationnelles, prévues pour éviter qu'il ne se renouvelle.

L'IRSN procède à une analyse des événements déclarés à l'ASN pour faire avancer la sûreté des transports de substances radioactives.

L'analyse globale des événements déclarés à l'ASN est fortement dépendante de la profondeur des analyses présentées dans ces comptes rendus. En effet, excepté pour un faible nombre d'événements pour lesquels des informations complémentaires sont facilement accessibles, les comptes rendus d'événements constituent la principale source d'information de l'IRSN. À ce sujet, dans la majorité des cas, les analyses présentées par les expéditeurs dans ces documents apparaissent encore trop succinctes, conduisant, pour une part notable des événements, à une simple identification des causes "premières" qui s'arrête souvent aux défaillances d'origine humaine (erreurs de la part des individus impliqués dans l'événement). À cet égard, l'insuffisance d'identification des causes fondamentales, ou causes "profondes", des événements ne permet pas toujours de bien comprendre les différents types de défaillances à l'origine des événements et, par conséquent, d'identifier les aspects génériques ou récurrents associés. Cela a un impact essentiel sur l'analyse globale des événements réalisée et sur les enseignements qui peuvent en être dégagés.

Pour l'IRSN, il est attendu des expéditeurs, ou des transporteurs, qu'ils présentent, dans leurs comptes rendus d'événements significatifs "transport" déclarés à l'ASN, une analyse des causes fondamentales, ou causes "profondes", de ces événements. En particulier, cette profondeur d'analyse est indispensable à l'identification d'éventuelles causes récurrentes ou génériques associées aux événements et à la définition d'actions correctives plus pertinentes d'amélioration de la sûreté dans ce domaine.

Ce constat, partagé par l'ASN, a récemment conduit celle-ci à rappeler à l'ensemble des expéditeurs, ou transporteurs, concernés les attendus en termes d'analyse des causes des événements significatifs et de proposition d'actions correctives.

+ BILAN DES ÉVÉNEMENTS ET ANALYSE DES PRINCIPALES TENDANCES OBSERVÉES AU COURS DES ANNÉES 2012 ET 2013 PAR RAPPORT AUX ANNÉES PRÉCÉDENTES

Comme dans les » rapports précédents de même nature publiés par l'IRSN*, portant sur le bilan des événements survenus entre 1999 et 2011, les événements impliquant des opérations de transport interne de colis ou des transports dont l'expéditeur est étranger (à l'exception de ceux ayant eu des conséquences en France) ne sont pas traités dans le présent rapport. De ce fait, certains chiffres présentés peuvent différer légèrement de ceux communiqués par l'ASN dans ses rapports annuels sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. En outre, le présent rapport ne traite pas des événements "transport" intéressant les activités de la défense nationale.

Nombre d'événements déclarés et classement de ces événements sur l'échelle INES

Entre 1999 et 2013, 1 525 événements de transport de substances radioactives ont été déclarés à l'ASN, ce qui correspond à une moyenne de 102 événements par an. Au regard des flux annuels de transport de ces substances, la fréquence de survenue des événements est en moyenne d'environ un événement pour 10 000 colis transportés.

(*) <http://www.irsn.fr/FR/Recherche/Pages/RechercheAvancee.aspx?k=Bilan%20des%20incidents%20de%20transport%20de%20mat%3a%20radioactives%20%20%20%20usage%20civil>

Qu'appelle-t-on "opérations de transport interne" ?

La définition des opérations de transport interne est précisée à l'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 dit "arrêté INB". Ces opérations concernent :

- › le transport de marchandises dangereuses réalisé dans le périmètre d'une installation nucléaire de base (INB) à l'extérieur des bâtiments et des parcs d'entreposage, soit l'acheminement de substances dangereuses :
 - du bâtiment d'une INB ou d'un parc d'entreposage jusqu'à la sortie du périmètre de l'INB ;
 - de la limite du périmètre d'une INB à un bâtiment ou parc d'entreposage appartenant à l'INB ;
 - entre deux bâtiments ou deux parcs d'entreposage d'une même INB ;
 - tout autre transport transitant sur le périmètre d'une INB ;
- › les opérations concourant à la sûreté du transport, y compris à l'intérieur des bâtiments et des parcs d'entreposage, soit toutes les opérations nécessaires au transport, notamment sur la voie publique, soit par exemple : le conditionnement, le chargement du contenu dans l'emballage, la fermeture de l'emballage, le chargement sur le moyen de transport, l'ensemble des contrôles avant transport, le déchargement et les autres opérations nécessaires à l'acheminement et concourant à la sûreté de l'opération de transport.

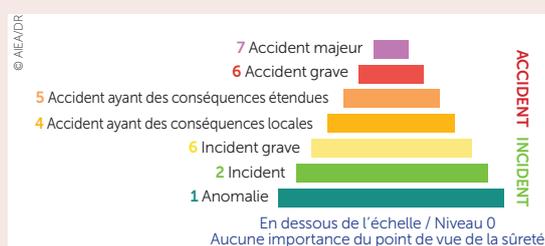
L'évolution du nombre total d'événements déclarés à l'ASN chaque année ne fait pas apparaître de tendance nette entre 1999 et 2013 (figure 2.1). Depuis 2009, le nombre d'événements déclarés est globalement stable, de l'ordre d'une centaine par an.

Une centaine d'événements "transport" sont déclarés chaque année à l'ASN, ce qui correspond, en moyenne, à un événement pour 10 000 colis transportés.

Qu'est-ce que l'échelle INES ?

Depuis 1999, l'échelle INES (International Nuclear Event Scale - échelle internationale de classement des événements nucléaires) est applicable aux événements impliquant le transport de substances radioactives survenant en France. Cette échelle est destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance, en matière de sûreté, des incidents et des accidents nucléaires ; elle comporte 7 niveaux de gravité.

Le classement d'un événement sur l'échelle INES, proposé par l'expéditeur dans sa déclaration d'événement, est à l'appréciation de l'ASN qui se base notamment sur les conséquences radiologiques, potentielles ou avérées, de l'événement ainsi que sur la dégradation des composants de l'emballage importants pour la sûreté (notamment de l'enceinte assurant le confinement de la substance radioactive).



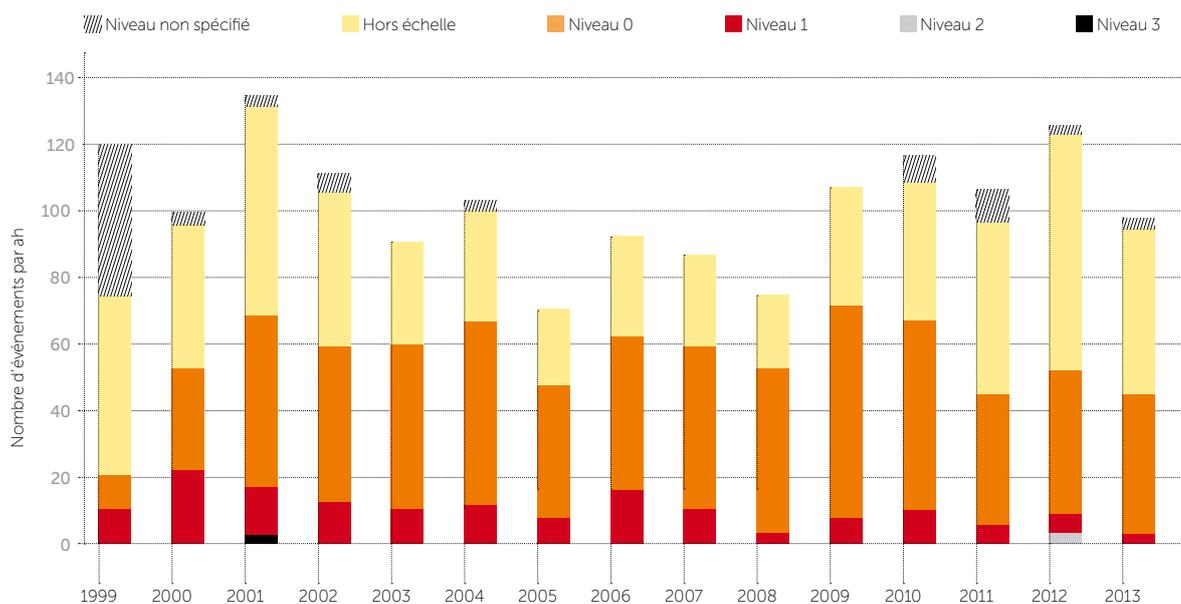


Figure 2.1 / Nombre annuel d'événements déclarés à l'ASN depuis 1999 et classement de ces événements sur l'échelle INES.

Pour ce qui concerne le classement de ces événements sur l'échelle INES, le nombre d'événements classés au niveau 1 ou plus est en baisse depuis le début des années 2000 (figure 2.1). Les événements qualifiés par l'ASN comme "intéressants pour la sûreté" sont dénombrés dans la catégorie "hors échelle".

Le nombre d'événements classés "hors échelle" est, après une baisse constante entre 2001 et 2008, revenu à un niveau comparable à celui relevé sur la période 1999-2001. Ceci pourrait en grande partie s'expliquer par une évolution de l'interprétation des critères de classement de certains types d'événements.

Un seul événement a été classé au niveau 1 sur l'échelle INES en 2013.

Classement INES	2010	2011	2012	2013
Non spécifié	4	6	1	1
Hors échelle	43	54	69	52
Niveau 0	58	41	48	44
Niveau 1	9	4	4	1
Niveau 2	0	0	1	0
Total	114	105	123	98

Tableau 2.2 / Classement sur l'échelle INES des événements déclarés entre 2010 et 2013.

Répartition des événements par secteur d'activité

Le nombre d'événements déclarés chaque année dépend grandement de l'efficacité des systèmes de détection et de déclaration de ces événements mis en œuvre par les expéditeurs et les transporteurs. À cet égard, l'analyse de la répartition du nombre annuel d'événements par secteur d'activité (figure 2.2) montre de fortes disparités, notamment entre l'industrie nucléaire (le cycle du combustible et la recherche dans le domaine nucléaire) et les expéditeurs du nucléaire dit "de proximité" (l'industrie nucléaire et les contrôles techniques ainsi que le secteur médical).

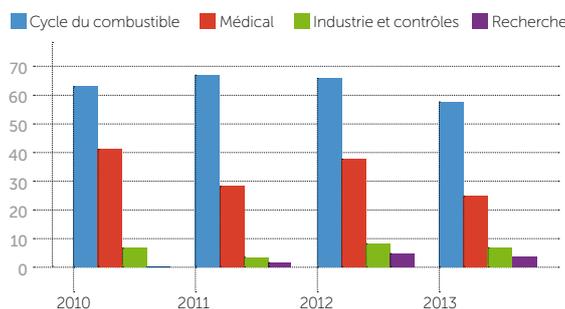


Figure 2.2 / Évolution du nombre d'événements déclarés par secteur d'activité pendant la période 2010-2013.

Le secteur du cycle du combustible représente la majorité des événements déclarés, avec en moyenne une soixantaine d'événements par an.

Le secteur du cycle du combustible représente la majorité des événements déclarés, avec en moyenne une soixantaine d'événements par an entre 1999 et 2013.

En 2012 et 2013, il n'apparaît pas d'évolution notable quant au nombre d'événements déclarés et à leur typologie. Ainsi, les principaux motifs de déclaration d'événements dans ce secteur concernent, comme les années précédentes, les écarts portant sur les documents ou les étiquettes nécessaires au transport (près d'un événement sur quatre) et la présence de contamination à la surface de colis ou du véhicule de transport (12 % des événements). Les événements relatifs à des défauts de fermeture d'emballage et à des écarts par rapport au contenu autorisé, qui avaient connu une forte hausse en 2010 et 2011, sont en baisse.

Quels sont les documents réglementaires qui doivent accompagner le transport des colis de substances radioactives ?

L'expéditeur est tenu de rédiger un document de transport, qui accompagne le colis, attestant la totale conformité du conditionnement des substances radioactives aux règles applicables et présentant les principales informations relatives à l'envoi (mode de transport, coordonnées de l'expéditeur et du destinataire) et au(x) colis transporté(s), telles que le nombre de colis de l'envoi, la dénomination des emballages, la ou les classes de matières dangereuses impliquées, le numéro ONU et la description des substances radioactives transportées (liste des principaux radio-isotopes, forme physique, activité).

En outre, d'autres documents, tels que l'attestation de formation du conducteur et les consignes de sécurité, doivent être présents dans le véhicule de transport.

Les colis sont marqués individuellement (indication de l'expéditeur et du destinataire, masse du colis, type et cote du colis) et une étiquette identifiant le niveau d'irradiation (étiquette 7A, 7B ou 7C, aussi nommées respectivement I-blanche, II-jaune et III-jaune – figure 2.3) est apposée sur chacun d'eux. Cette étiquette doit comporter une indication du contenu ou la liste des principaux radio-isotopes, l'activité totale et l'indice de transport (IT), déterminé sur la base des débits de dose mesurés avant expédition à un mètre du colis. En cas de transport de matière fissile, le colis doit également comporter une étiquette (7E) signalant le risque de criticité (figure 2.3).



Figure 2.3 / Étiquettes 7A, 7B, 7C et 7E.

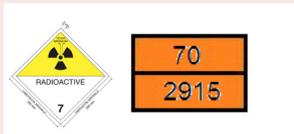


Figure 2.4 / Étiquette 7D et plaque orange.

Par ailleurs, chaque véhicule transportant des colis autres que des colis exceptés comporte une signalétique, constituée d'une étiquette 7D et d'un panneau orange identifiant la nature du danger et le numéro ONU (figure 2.4).

La majorité des événements impliquant les colis du secteur médical ont lieu lors d'opérations de transport se déroulant dans des zones aéroportuaires.

Le nombre d'événements impliquant des colis du secteur médical reste, en 2012 et 2013, à un niveau comparable à celui des deux années précédentes. Ces événements concernent, pour près des deux tiers, des

endommagements de colis lors d'opérations de manutention en zones aéroportuaires et, à hauteur de 16 %, des pertes de colis, pour la plupart temporaires, principalement lors des transits dans ces zones.

Pour le secteur de l'industrie et des contrôles techniques, le nombre d'événements déclarés annuellement, dont la baisse avait été observée en 2008 (cf. le rapport public IRSN relatif aux événements "transport" survenus en France entre 1999 et 2009)*, reste inférieur à 10 (8 déclarations en 2012 et 7 en 2013). Toutefois, ce secteur d'activité représentant plus de la moitié des flux de transport en France (figure 1.9), ce nombre paraît nettement sous-estimé, comme peut le suggérer la fréquence de survenue des événements de transport (nombre d'événements déclarés rapporté au nombre de colis transportés) par secteur d'activité (tableau 2.3).

Secteur d'activité	Fréquence des événements (2012-2013)
Cycle du combustible	1 / 1 900 colis
Médical	1 / 9 600 colis
Industrie et contrôles	1 / 71 900 colis
Recherche	1 / 5 600 colis

Tableau 2.3 / Fréquence des événements déclarés par secteur d'activité pendant la période 2012-2013.

Ceci pourrait, en première approche, s'expliquer par le fait que les substances radioactives transportées (principalement des sources scellées) sont, par leur nature, moins concernées par les types d'événements rencontrés habituellement dans le secteur du cycle du combustible (contaminations de colis, défauts d'étanchéité). Cependant, l'analyse des motifs de déclaration de ces événements (tels que des erreurs documentaires et d'étiquetage, des défauts d'arrimage ou des endommagements de colis lors de manutention), a priori indépendants du type de substance radioactive transportée, suggère que les acteurs du secteur de l'industrie et des contrôles techniques ne mettent pas en œuvre des méthodes d'identification et de déclaration des événements aussi performantes que les acteurs du secteur du cycle du combustible nucléaire. Pour l'IRSN, cela pourrait s'expliquer par une connaissance insuffisante, par les opérateurs concernés, des exigences réglementaires ou par une moindre sensibilisation aux risques liés aux rayonnements ionisants. Ce retour d'expérience confirme l'intérêt d'actions d'information et de sensibilisation ciblées sur les acteurs du nucléaire "de proximité".

À ce sujet, dans le cadre de la récente attribution à l'ASN du contrôle de ces acteurs, celle-ci a mis en œuvre une organisation dédiée dans le but de réaliser des inspections ciblées sur les sociétés dont les activités présentent de forts enjeux de radioprotection et pour lesquelles le retour d'expérience (événements, bilan des doses reçues par les opérateurs) souligne la nécessité

(*) <http://www.irsn.fr/FR/Recherche/Pages/RechercheAvancee.aspx?k=Bilan%20des%20incidents%20de%20transport%20de%20mati%3a%8res%20radioactives%20c%3a0%20usage%20civil>

d'actions correctives ou de prévention. Certaines de ces inspections ont permis d'identifier des écarts portant notamment sur les documents de transport précisant les caractéristiques des substances radioactives expédiées (écarts de nature documentaire), qui n'avaient pas spontanément été identifiés par les sociétés ciblées, ainsi que des insuffisances concernant le domaine des contrôles radiologiques.

Enfin, le **secteur de la recherche** est concerné par 4 événements par an en moyenne, ce nombre étant globalement stable depuis 1999. Le principal motif de déclaration en 2012 et 2013 concerne, comme les années précédentes, des écarts de nature documentaire.

Répartition des événements par mode de transport

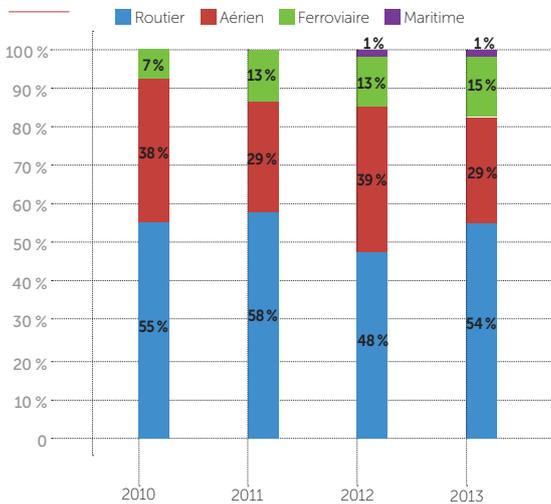


Figure 2.5 / Répartition des événements déclarés par mode de transport pendant la période 2010-2013.

Entre 50 et 60 % des événements sont déclarés chaque année au titre du **transport routier** (figure 2.5). En 2012 et 2013, 80 % de ces événements étaient imputables aux activités du cycle du combustible, alors que ce secteur d'activité ne représente qu'un peu plus de 10 % des colis transportés par route. Parmi ces événements, 2 collisions routières et sorties de route ont été recensées en 2012, et 4 en 2013. Aucun de ces accidents n'a eu de conséquence directe sur la sûreté du, ou des, colis de substances radioactives transportés.

Les trois quarts des événements déclarés au titre du **transport aérien** concernent des endommagements de colis survenus lors de leur manutention en zones aéroportuaires. Les autres événements survenus lors du transport aérien concernent principalement des pertes de colis en transit ou à l'aéroport d'arrivée.

Aucun des événements déclarés en 2012 et en 2013 concernant un transport routier n'a eu de conséquence directe sur la sûreté des colis de substances radioactives transportés.

Tous les événements déclarés au titre du transport ferroviaire en 2012 et 2013 ont concerné les activités du cycle du combustible.

Tous les événements déclarés au titre du **transport ferroviaire** (figure 2.5) en 2012 et 2013 ont concerné les activités du cycle du combustible. Parmi les événements déclarés en 2013, trois déraillements d'un wagon transportant un ou plusieurs colis de substances radioactives sont recensés, aucun de ces événements n'ayant cependant mis en cause la sûreté des colis transportés :

- le 21 janvier 2013, lors d'une manœuvre en gare de triage de Saint-Rambert-d'Albon, un essieu d'un wagon contenant de l'uranium appauvri en provenance de l'usine AREVA de Pierrelatte et à destination des Pays-Bas, a fait l'objet d'une sortie de rail ;
- le 16 septembre 2013, un train à destination de Sellafield en Grande-Bretagne, transportant des colis vides de type TN28-VT destinés au transport de conteneurs de déchets compactés ou vitrifiés, a déraillé ;
- le 23 décembre 2013, lors d'opérations de triage en gare de Drancy - Le Bourget, un wagon transportant un colis TN 13/2 chargé de combustibles usés, en provenance du CNPE de Nogent-sur-Seine et à destination de l'usine AREVA de La Hague, est partiellement sorti des voies au niveau d'un aiguillage. Cet événement fait l'objet d'une présentation détaillée au chapitre 3 du présent rapport.

Enfin, les deux événements survenus en 2012 et 2013 lors d'un **transport maritime** (figure 2.5) sont dus, pour l'un, à une contamination de fût contenant du minerai d'uranium naturel et, pour l'autre, à un défaut de fermeture d'une coque de protection d'un conteneur d'UF₆ (cf. le sujet "Défaut de fermeture de coques de conteneur d'UF₆" traité au § "Événements liés à des défauts dans la fermeture des colis" ci-après).

Répartition des événements par type de colis

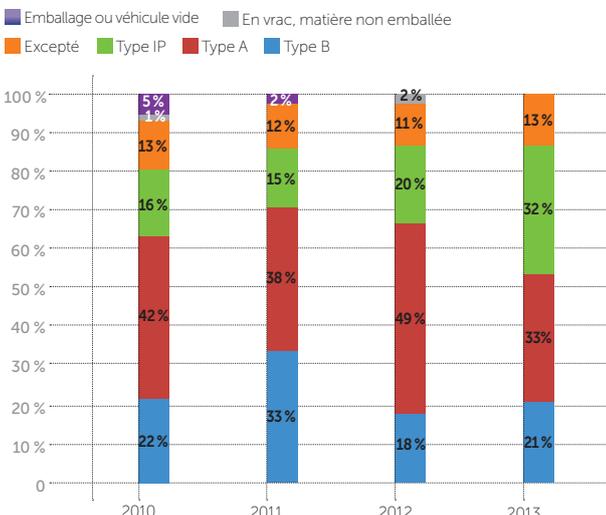


Figure 2.6 / Évolution du nombre d'événements déclarés par type de colis pendant la période 2010-2013.

Comme chaque année depuis 1999, les colis de type A restent les colis pour lesquels le nombre d'événements déclarés est le plus élevé.

Type de colis	Fréquence des événements (2012-2013)
Type B	1 / 580 colis
Type A	1 / 8 500 colis
Type IP	1 / 4 000 colis
Excepté	1 / 54 100 colis

Tableau 2.4 / Fréquence des événements déclarés par type de colis pendant la période 2012-2013.

Pour ce qui concerne la répartition des événements par type de colis jusqu'en 2013 (figure 2.6) :

- comme chaque année, les **colis de type A** restent ceux pour lesquels le nombre d'événements déclarés est le plus élevé (en moyenne 35 événements par an). Environ la moitié de ces événements concerne un endommagement de colis lors de la manutention en aéroport ;
- le nombre d'événements impliquant des **colis de type B**, qui avait connu une forte hausse en 2010 et en 2011, compte tenu d'un nombre élevé de défauts de serrage de vis de capots amortisseurs des emballages et de découvertes de "corps étrangers" (objets ou matières non prévus au plan de chargement de l'emballage) dans leur cavité, est revenu en 2012 et 2013 à un niveau comparable à celui des années précédentes (entre 15 et 20 événements par an) ;
- le nombre d'événements concernant des **colis de type "industriel"** est en augmentation depuis 2012. La quasi-totalité de ces événements concernent le cycle du combustible (transports d'outillages contaminés, de déchets de faible activité spécifique, d'ura-

(3) Ces catégories ne recourent pas nécessairement les critères de déclaration définis dans le Guide de déclaration des événements publié par l'ASN en 2005, de même qu'elles sont différentes de celles retenues par l'ASN dans son « état des lieux annuel de la sûreté des transports de substances radioactives en France ».

(*) <http://professionnels.asn.fr/Transport-substances-radioactives/Actualites-dans-le-domaine-du-transport-de-substances-radioactives/Enquete-de-l-ASN-sur-les-flux-de-transport-de-substances-radioactives>

niem sous forme de minerai ou d'UF₆). Les motifs de déclaration de la majorité d'entre eux concernent des erreurs documentaires ou d'étiquetage et la présence de contamination à la surface des emballages ; enfin, le nombre d'événements concernant des **colis exceptés** reste très faible au regard du nombre de colis de ce type transportés chaque année (tableau 2.4). Les colis exceptés étant très majoritairement expédiés par les acteurs du nucléaire "de proximité", ce faible nombre pourrait s'expliquer par la moindre sensibilisation des expéditeurs concernés au respect des critères de déclaration des événements.

ANALYSE DES PRINCIPAUX TYPES D'ÉVÉNEMENTS SURVENUS EN 2012 ET 2013 PAR RAPPORT AUX ANNÉES PRÉCÉDENTES

Afin de permettre l'identification d'enseignements généraux, dans le cadre de son analyse du retour d'expérience des événements, l'IRSN classe les événements "transport" déclarés à l'ASN dans dix catégories-types³. Ces dix catégories couvrent 85 % des événements déclarés depuis 1999 ; les 15 % d'événements "hors catégories" ne présentent pas d'enjeu significatif pour la sûreté des transports de substances radioactives. L'évolution du nombre annuel moyen d'événements associés à cette typologie d'événements est présentée (figure 2.7) pour les périodes 1999-2009, 2010-2011 et 2012-2013, à des fins de comparaison.

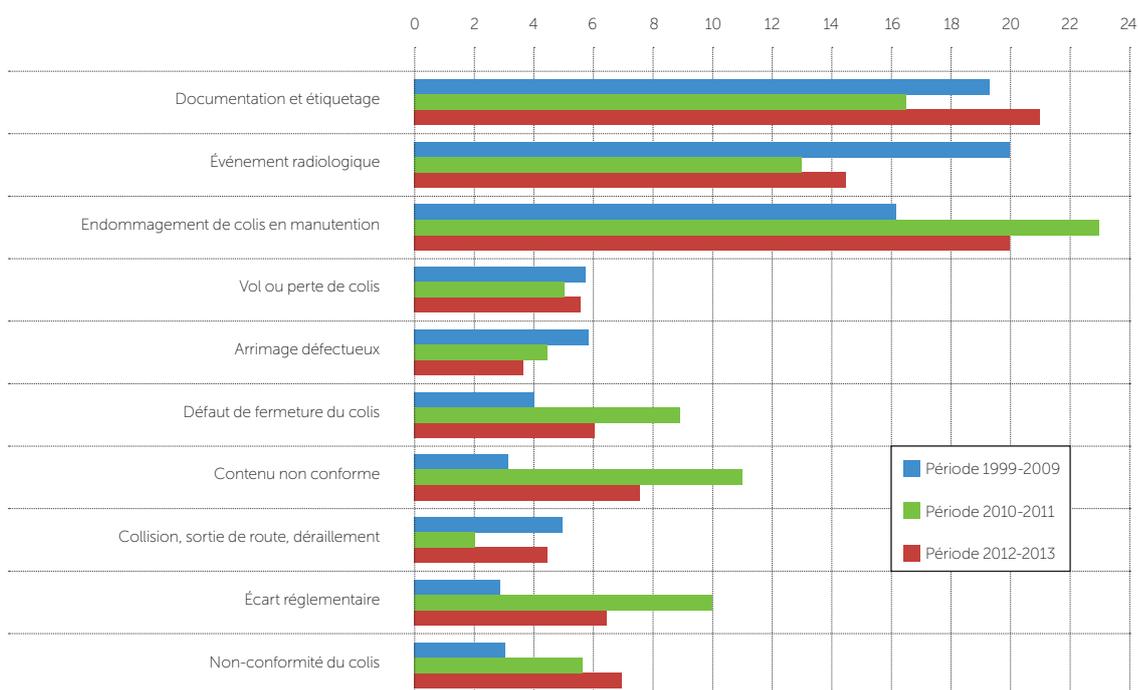


Figure 2.7 / Typologie des événements déclarés par catégorie (en nombre annuel moyen d'événements déclarés).

FOCUS

Les types d'événements correspondant aux catégories retenues par l'IRSN sont :

- › pour les **événements de nature documentaire** (documentation et étiquetage) : les écarts, oublis et erreurs concernant les informations devant figurer dans les documents de transport ou l'étiquetage des colis,
- › pour les **événements radiologiques** : les dépassements de limites fixées par la réglementation concernant le débit d'équivalent de dose autour du colis et le niveau de contamination à la surface du colis ou du moyen de transport,
- › pour les **endommagements de colis en manutention** : les dommages résultant de chocs lors d'opérations de manutention,
- › pour les **vols ou pertes de colis** : les pertes, définitives ou temporaires, de colis à la suite d'un vol, d'une erreur de livraison ou lors d'un transit aéroportuaire,
- › pour les **arrimages défectueux** : les écarts par rapport au plan d'arrimage du colis,
- › pour les **défauts de fermeture du colis** : les écarts relatifs à la fermeture d'un fût de déchet (rupture de cerclage...), d'un conteneur de type ISO (porte mal verrouillée) ou de la coque d'un conteneur d'UF₆ (broche mal engagée) ainsi qu'un mauvais serrage des vis du couvercle ou des capots amortisseurs d'un colis (mauvais couple de serrage, vis qui peuvent être desserrées à la main),
- › pour les **contenus non conformes** : la présence, dans

l'emballage, d'objets ou de matières non autorisés au chargement, tels que des "corps étrangers" pouvant être tombés dans la cavité de l'emballage lors du chargement, des équipements, de type sangle ou housse, qui n'ont pas été retirés ou des matières liquides (eau, huile) présentes en raison d'un séchage incomplet ou de la défaillance d'un engin utilisé au-dessus de l'emballage (fuite de lubrifiant),

- › pour les **collisions, sorties de route et déraillements** : les incidents et accidents survenus sur la route (collisions, accrochages, sorties de route) et lors du transport ferroviaire (sorties de voie, déraillements, tamponnements),
- › pour les **écarts réglementaires** : les écarts résultant d'une mauvaise application de la réglementation concernant le choix du type de colis (classement erroné d'un colis, expédition de substances radioactives dans des colis conventionnels) ou le non-respect d'une exigence réglementaire (oubli d'une mesure radiologique, absence de certification du chauffeur, absence d'extincteur à bord du véhicule...),
- › pour les **non-conformités de colis** : les écarts relatifs à la conception du colis (vis non conformes, composant de dimensions différentes de celles spécifiées dans le dossier de sûreté...) ou son utilisation dans des conditions non prévues par la notice d'utilisation (absence d'un joint d'étanchéité, erreur sur la nature du gaz d'inertage...).

Les deux principaux motifs de déclaration concernant les 148 événements classés au niveau 1 ou plus sur l'échelle INES depuis 1999 sont le vol ou la perte de colis ainsi que l'endommagement de colis lors de leur manutention (tableau 2.6).

Les absences ou les erreurs de nature documentaire constituent, en 2012 et en 2013, le premier motif de déclaration d'événements.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Vol ou perte de colis	51	1	-
Endommagement de colis en manutention	20	-	-
Événement radiologique	10	-	1
Défaut de fermeture du colis	11	-	-
Contenu non conforme	7	-	-
Documentation et étiquetage	7	-	-
Non-conformité de colis	7	-	-

Tableau 2.6 / Nombre d'événements classés au niveau 1 ou plus sur l'échelle INES depuis 1999.

Les catégories d'événement les plus fréquentes et celles dont le nombre d'événements est en augmentation ces dernières années sont analysées dans la suite du présent rapport.

Événements de nature documentaire

Les absences ou les erreurs dans les documents de transport ou l'étiquetage des colis (oubli ou erreur dans la transcription de données sur les documents de transport ou touchant l'étiquetage des colis (concernant notamment l'indice de transport)) constituent, en 2012 et

en 2013, le premier motif de déclaration d'événements (près d'un événement sur cinq).

L'augmentation observée par rapport aux années 2010 et 2011 est imputable au secteur des contrôles industriels (figure 2.8). Plusieurs de ces déclarations font notamment suite à des constats de l'ASN lors d'inspections effectuées dans le cadre du contrôle du nucléaire "de proximité" ; ceci confirme que l'identification et la déclaration de ce type d'écarts constituent une voie d'amélioration à mettre en œuvre par les acteurs concernés.

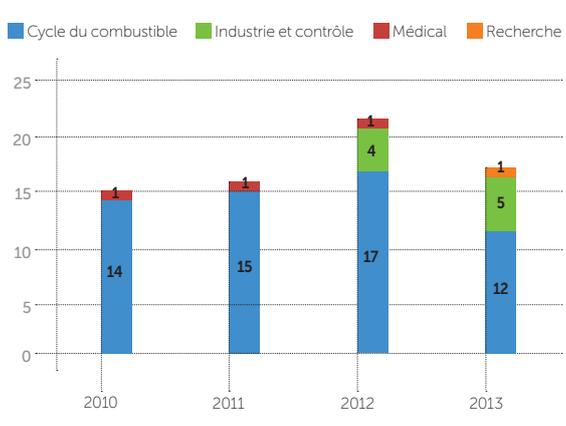


Figure 2.8 / Évolution du nombre d'événements de nature documentaire déclarés de 2010 à 2013 par secteurs d'activité.

Concernant le cycle du combustible nucléaire, les événements de nature documentaire déclarés en 2012 et 2013 ont principalement concerné les colis ne nécessitant pas d'agrément (80 % des cas), et notamment des transports d'outillages contaminés venant des CNPE d'EDF. Dans la majorité des cas, l'analyse présentée dans les comptes rendus d'événements n'est pas suffisamment détaillée, ce qui ne permet pas l'identification des "causes profondes" de ces événements. Au regard de leur nature (erreurs de transcription de valeurs entre un relevé de mesures et les documents de transport, entre les documents et l'étiquette du colis, erreur d'unité de mesure), l'IRSN émet l'hypothèse que ce type d'événement pourrait résulter de défauts de vigilance de la part du personnel en charge de la préparation des colis et de leur expédition, qui pourrait notamment s'expliquer par le caractère routinier de ces transports.

L'IRSN souligne que, si, pour ces événements, la sûreté des transports n'est pas directement remise en cause, les erreurs qui en sont à l'origine pourraient avoir des conséquences en cas d'incident ou d'accident dans la mesure où elles pourraient rendre difficile l'identification du type de colis et de la substance transportée, ce qui serait préjudiciable à la gestion de la situation accidentelle. À cet égard, l'IRSN rappelle l'importance, pour les expéditeurs de colis, de renforcer les dispositions visant à éviter les non-respects d'exigences en matière documentaire, en particulier par la sensibilisation et la formation régulière des opérateurs en charge des actions associées (techniciens en radioprotection, personnes responsables du contrôle des documents d'expédition et de l'étiquetage).

Événements de nature radiologique

Le nombre d'événements de contamination surfacique de colis reste, en 2012 et 2013, à un niveau comparable à celui des années précédentes (figure 2.9). Entre 1999 et 2002, ce nombre était important en raison de procédures défectueuses relatives à l'immersion, dans les piscines de désactivation des CNPE d'EDF, des emballages destinés au transport d'assemblages combustibles irradiés ; il avait nettement diminué au cours des dix années suivantes. Les dépassements constatés restent limités (le niveau maximal mesuré a été de 37 Bq/cm² en radioéléments émetteurs de rayonnement bêta pour une limite réglementaire de 4 Bq/cm²).

Le nombre d'événements de nature radiologique reste, en 2012 et en 2013, à un niveau comparable à celui des années précédentes

Par ailleurs, le nombre de dépassements des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose (DeD) reste, en 2012 et 2013, également à un niveau comparable à celui des années précédentes, les dépassements constatés étant là aussi limités (le dépassement le plus important a concerné un transport d'outillages contaminés, pour lequel le DeD au

contact du colis a été mesuré à l'arrivée sur le site destinataire à 2,3 mSv/h pour une limite réglementaire de 2 mSv/h).

Il convient de mentionner que, compte tenu des niveaux de contamination et de DeD mesurés, aucun de ces événements n'a été de nature à avoir des conséquences notables pour le personnel ou le public.

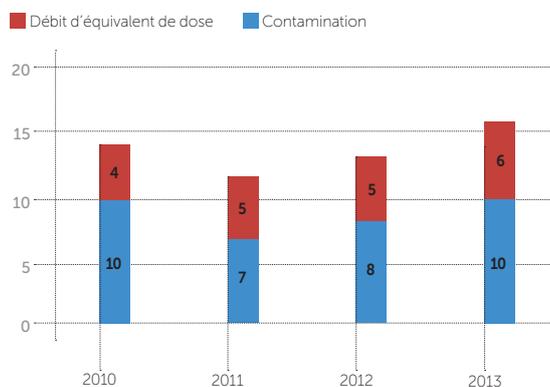


Figure 2.9 / Évolution du nombre d'événements de nature radiologique déclarés de 2010 à 2013.

Quels sont les contrôles de type radiologique effectués sur les colis avant leur expédition ?

La réglementation internationale impose, avant chaque expédition de colis de substances radioactives, un contrôle du débit d'équivalent de dose (DeD) et de la contamination non fixée (c'est-à-dire pouvant être enlevée d'une surface dans les conditions de transport de routine, par exemple sous l'effet des vibrations ou des intempéries) à la surface des emballages.

Ainsi, le DeD ne doit pas dépasser 5 µSv/h en tout point de la surface externe d'un colis excepté. Pour les autres types de colis, les critères réglementaires sont de 2 mSv/h au contact du colis et de 0,1 mSv/h à 2 mètres de la surface du moyen de transport (le DeD peut cependant atteindre 10 mSv/h au contact du colis en cas de transport sous utilisation "exclusive**"). Le niveau maximal de contamination autorisé est de 4 Bq/cm² pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité** et de 0,4 Bq/cm² pour les autres émetteurs alpha, ces limites étant des valeurs moyennes applicables pour une surface de 300 cm² de toute partie de la surface du colis.

* L'utilisation exclusive signifie l'utilisation par un seul expéditeur d'un moyen de transport, pour laquelle toutes les opérations initiales, intermédiaires et finales de chargement et de déchargement se font conformément aux instructions de l'expéditeur ou du destinataire, notamment pour ce qui concerne l'interdiction de l'accès du public aux colis.

** Les émetteurs alpha de faible toxicité sont l'uranium naturel, l'uranium appauvri, le thorium naturel, l'uranium 235 ou l'uranium 238, le thorium 232, le thorium 228 et le thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques, ainsi que les émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

Événements liés à des chocs lors d'opérations de manutention

L'endommagement de colis lié à des chocs lors d'opérations de manutention constitue, en 2012 et 2013, le deuxième motif le plus important de déclaration d'événements (18 % des événements déclarés, dont la majorité fait l'objet d'événements classés "hors échelle" INES).

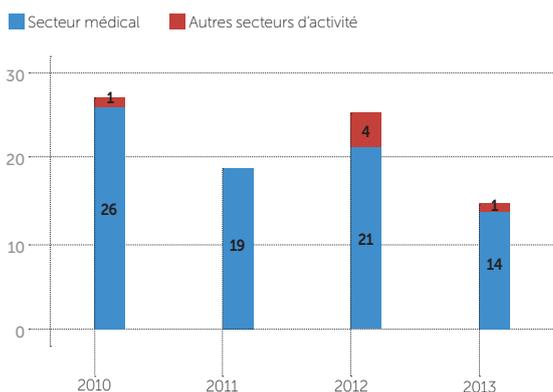


Figure 2.10 / Évolution du nombre d'événements déclarés en rapport avec un endommagement de colis.

Sur les 40 événements de ce type déclarés en 2012 et 2013, un seul n'a pas concerné des manutentions dans des zones aéroportuaires. Comme les années précédentes, les colis endommagés appartenaient majoritairement (35 des 40 colis) à des expéditeurs du secteur médical (figure 2.10).

Compte tenu de l'activité limitée et de la nature des radioéléments transportés, leur expédition est réalisée dans des colis exceptés ou des colis de type A (figure 2.11) pour lesquels la réglementation n'impose pas qu'ils soient conçus pour résister à des chocs d'une grande sévérité, comme doivent l'être les colis de type B ou les colis contenant des matières fissiles. Aussi, la plus grande sensibilité de ces colis aux chocs les rend sujets à de fréquents endommagements lors de leurs manutentions dans les aéroports, souvent réalisées à une cadence rapide compte tenu des volumes expédiés et des contraintes de temps.

Aucun des événements liés à des chocs lors d'opérations de manutention en zones aéroportuaires, déclarés en 2012 et 2013, n'a conduit à une perte du confinement des substances radioactives transportées ou à une exposition radiologique pour le personnel ou le public.

Néanmoins, il convient de noter qu'aucun des 40 événements déclarés n'a conduit à une perte du confinement des substances radioactives transportées ou à une exposition radiologique pour le personnel ou le public.



Figure 2.11 / Colis de type A endommagé lors d'une manutention.

Dans ce contexte, la société CIS Bio International, qui est l'expéditeur des colis les plus fréquemment impliqués dans ce type d'événement, a organisé en 2013 des rencontres avec les compagnies aériennes, notamment Air France, pour les sensibiliser aux risques radiologiques liés aux événements de manutention. À cet égard, au vu de la baisse du nombre d'événements survenus en 2013, ces actions semblent avoir porté leurs fruits. **L'IRSN estime important que de telles actions d'information des compagnies aériennes et des sociétés effectuant ces opérations de manutention se poursuivent dans le futur compte tenu du contexte de renouvellement élevé du personnel des entreprises concernées.**

Événements de vols et de pertes de colis

Eu égard aux conséquences radiologiques potentielles pour les personnes du public, le vol ou la perte de colis ou de la substance radioactive transportée est le motif de déclaration d'événements le plus fréquent pour ceux classés au niveau 1, ou plus, sur l'échelle INES (35 % de ces événements sur la période 1999-2013). Dans le cas où un colis déclaré perdu est retrouvé, l'événement est généralement reclassé par l'ASN au niveau 0 sur l'échelle INES.

Eu égard aux conséquences radiologiques potentielles pour les personnes du public, le vol ou la perte de colis ou de la substance radioactive transportée est le motif de déclaration d'événements le plus fréquent pour ceux classés au niveau 1, ou plus, sur l'échelle INES.

Les 11 pertes de colis recensées en 2012 et 2013 (figure 2.12) concernent des colis de type A ou des colis exceptés. Neuf de ces événements concernent des colis de sources à usage médical. Pour six de ces événements,

les colis, transportés par voie aérienne, ont été perdus de façon temporaire dans leur aéroport d'arrivée et, au final, les événements ont été classés au niveau 0 de l'échelle INES par l'ASN. Pour les trois autres événements, les colis, transportés par route, n'ont jamais été retrouvés ou leur contenu a été perdu ; ces événements ont été classés :

- › au niveau 1 sur l'échelle INES pour un colis de type A, transportant une source d'iridium 192 issue d'un appareil de radiothérapie, expédié par l'institut Gustave Roussy de Villejuif et retrouvé vide, le 6 avril 2012, lors de son ouverture par la société destinatrice (Malinckrodt), située aux Pays-Bas. Les investigations menées par l'ASN lors d'une inspection à l'institut Gustave Roussy ont permis de constater que les procédures de déchargement de la source, en dehors de l'appareil dans lequel elle était utilisée, et de préparation du colis ont été respectées. En outre, compte tenu des résultats des mesures radiologiques effectuées avant expédition, les investigations ont conclu que la source a vraisemblablement été perdue lors du transport ou après son arrivée chez le destinataire ;
- › au niveau 2 sur l'échelle INES pour un colis de type A, transportant une fiole contenant une solution de fluor 18, perdu en cours de transport sur la voie publique, le 19 novembre 2012, à Nîmes, et qui n'a jamais été retrouvé. Cet événement, présenté au chapitre 3 du présent rapport, est dû à un défaut d'arrimage du colis dans le véhicule de transport ;
- › au niveau 1 de l'échelle INES pour un colis excepté, transportant deux sources non scellées d'iode 125, perdu lors de sa livraison à l'hôpital Robert Debré à Paris, le 14 août 2013.

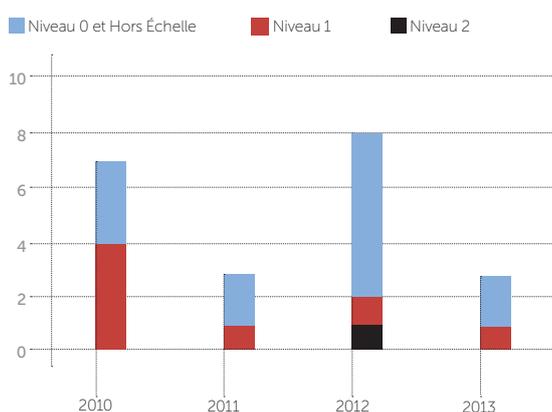


Figure 2.12 / Nombre de vols et de pertes de colis déclarés pendant la période 2010-2013 et classement des événements sur l'échelle INES.

Vu le faible nombre d'événements de ce type, l'IRSN n'a pas identifié d'enseignements génériques les concernant. L'IRSN note qu'une seule des 11 pertes de colis recensées en 2012 et 2013 est due à un défaut d'arrimage du colis sur son véhicule de transport. Les travaux et réflexions en cours au niveau national et international sur la problématique de l'arrimage des colis sont décrits dans le chapitre 3 du présent rapport.

Événements liés à des défauts dans la fermeture des colis

Défauts de serrage des vis de capots amortisseurs :

Les emballages utilisés pour le transport, vers l'usine AREVA de La Hague, d'assemblages combustibles irradiés dans les réacteurs d'EDF (figure 2.13) sont munis à leurs deux extrémités d'un capot, constitué de blocs de bois, dont le rôle est d'amortir les chocs mécaniques et de protéger les joints assurant l'étanchéité de l'enveloppe de confinement de la substance radioactive en cas d'incendie.



Figure 2.13 / Colis de type B utilisé pour le transport d'assemblages combustibles irradiés.



Figure 2.14 / Opération de serrage des vis de capots amortisseurs.

Les vis de fixation de ces capots amortisseurs, au nombre de 8 par capot, sont graissées et serrées à l'aide d'une clé dynamométrique (figure 2.14) selon un couple de serrage permettant le maintien du capot en cas d'impact accidentel (chute du colis ou collision routière).

En 2011, 8 événements (figure 2.15) ont été déclarés à la suite du constat, lors des opérations de déchargement de ce type de colis sur le site de l'usine AREVA de La Hague, qu'une ou deux vis pouvaient être desserrées à la main. Avant 2011, seulement 3 événements comparables avaient été déclarés.

En raison de ce nombre élevé d'événements, et compte tenu des conséquences potentiellement graves d'une perte de fixation des capots lors de chocs accidentels, notamment dans l'hypothèse où un incendie se déclen-

cherait consécutivement à l'accident, l'ASN a demandé, début 2012, à EDF de mettre en place un plan d'actions visant à corriger les anomalies constatées. Un groupe de travail, constitué par EDF, AREVA et la société TN International (en tant que concepteur des emballages impliqués), a analysé les causes "profondes" possibles de ces événements.

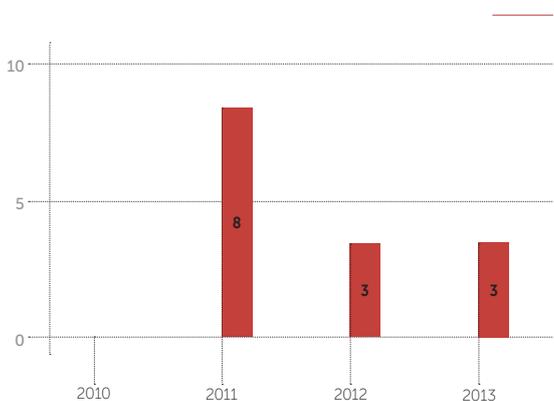


Figure 2.15 / Évolution du nombre d'événements liés à des défauts de serrage de capots d'emballage ayant fait l'objet d'une déclaration à l'ASN.

L'analyse a révélé notamment qu'un mauvais graissage des vis des capots amortisseurs des emballages impliqués avait pu favoriser le desserrage des vis sous l'effet de vibrations lors du transport.

Cette analyse a montré qu'en raison d'imprécisions dans la notice d'utilisation des emballages impliqués, déclinée dans les documents opératoires d'EDF, le graissage des vis avait pu être incomplet, entraînant ainsi un effort de serrage insuffisant, pouvant favoriser le desserrage des vis sous l'effet de vibrations lors du transport. De plus, deux non-respects d'exigences ont été identifiés ; ils concernent, d'une part l'ordre dans lequel le serrage des vis des capots doit être effectué, d'autre part le temps d'attente (30 minutes) préconisé par la société TN International entre la pose des vis et leur serrage, ce délai étant nécessaire pour homogénéiser la température entre le capot et le reste de l'emballage avant fermeture (permettant ainsi de prévenir le risque de perte d'effort de serrage des vis par dilatation thermique différentielle en cours de transport). L'analyse a conclu que ces non-respects étaient liés à une méconnaissance de ces exigences par les opérateurs en charge de la préparation des colis.

Sur la base de cette analyse, un marquage des capots a été réalisé, par la société TN International, afin de prévenir les écarts concernant l'ordre de serrage des vis et les documents opératoires ont été mis à jour afin d'intégrer le temps d'attente de 30 minutes à respecter entre la pose des vis et leur serrage. Par ailleurs, un double contrôle du couple de serrage des vis par deux opérateurs différents, en utilisant deux clés dynamométriques différentes, a été mis en place. Ces actions sont

notamment tracées dans une *check-list* à valider par les opérateurs lors de la préparation du colis.

La diminution du nombre d'événements de ce type constatée ces deux dernières années est à rapprocher de la mise en place progressive de ces dispositions en 2012, puis leur extension à l'ensemble des CNPE d'EDF à partir d'octobre 2013. Toutefois, la survenue de deux nouveaux événements, le premier en date du 12 décembre 2013 (affectant un colis expédié par le CNPE de Cattenom) et le second en date du 13 février 2014 (affectant un colis expédié par le CNPE de Belleville-sur-Loire), montre que ces dispositions n'ont pas encore permis d'éliminer totalement ce type d'événement. Compte tenu de cette situation, le groupe de travail EDF/AREVA/TN International a été relancé afin de vérifier si des dispositions complémentaires de nature opérationnelle ou de conception sont nécessaires. À cet égard, parmi les causes à examiner, une réflexion a déjà été engagée concernant l'augmentation du couple de serrage des vis de fixation des capots amortisseurs.

Par ailleurs, comme l'a montré une inspection conduite par l'ASN en février 2014 dans un CNPE d'EDF, la prescription relative au temps d'attente entre la pose des vis et leur serrage au couple n'est pas toujours respectée, même si celle-ci figure dorénavant dans les documents opératoires et dans la *check-list* des actions à réaliser lors de la préparation du colis. Ce constat illustre la nécessité pour EDF de développer ses actions de sensibilisation et de formation des opérateurs concernés de l'ensemble des CNPE aux modifications apportées aux prescriptions et aux pratiques d'exploitation.

Défauts de fermeture de coques de conteneur d'UF₆ :

En 2010 et 2011, la découverte d'un mauvais engagement de plusieurs broches à billes (servant à maintenir en place les demi-coques de protection - figure 2.19) affectant plusieurs des coques de ce modèle, dans le cadre de trois expéditions différentes, avait conduit la société AREVA, en tant qu'expéditeur, à mener une analyse des causes d'un mauvais engagement ou d'un désengagement des broches à billes en cours de transport. Ces événements ont été présentés dans » le précédent rapport public*.



Figure 2.19 / Constat de désengagement d'une broche à billes.

(*) http://www.irsn.fr/fr/expertise/rapports_expertise/surete/pages/incidents-transport-matieres-radioactives-bilan-1999-2011.aspx

FOCUS

L'utilisation d'hexafluorure d'uranium et les risques associés

L'hexafluorure d'uranium (UF_6) est un composé de l'uranium utilisé dans l'étape d'enrichissement isotopique de l'uranium lors de la fabrication du combustible nucléaire. UF_6 est à l'état solide à température ambiante ; il se présente sous la forme de cristaux blanchâtres (figure 2.16) lorsqu'il est confiné dans les conditions normales de température et de pression. En cas de rupture de confinement, il se sublime d'autant plus vite que la température est élevée et la pression de la vapeur d' UF_6 atteint 1 bar à 56°C et 1,52 bar à 64°C, au point triple (coexistence de l'état solide, de l'état liquide et de l'état gazeux - figure 2.17).



Figure 2.16 / Cristaux d' UF_6 contenus dans une ampoule de verre.

En cas de contact avec l'air, l' UF_6 réagit avec l'humidité de l'air pour former du fluorure d'uranyle (UO_2F_2) et de l'acide fluorhydrique (HF) qui est un composé toxique et très corrosif (matière dangereuse de classe 8), dont l'inhalation peut être mortelle.

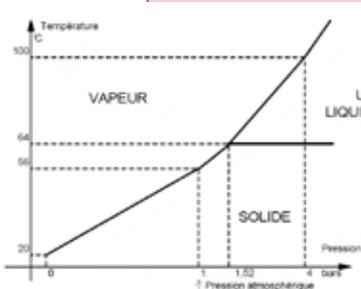


Figure 2.17 / Diagramme de phase de l' UF_6 .

Aussi, eu égard au risque chimique important, la réglementation des transports de substances radioactives impose aux conteneurs transportant de l' UF_6 , des épreuves complémentaires, telle que la tenue à une pression pouvant atteindre 27,6 bars. Ces conteneurs sont également soumis à la norme ISO 7195, qui fixe des exigences particulières de conception, de fabrication et d'utilisation.

En outre, lorsque l'uranium est enrichi en uranium 235, les colis doivent résister à une séquence d'épreuves de choc et de feu sans perte d'étanchéité qui compromettrait la prévention des risques de criticité. Dans ce cas, pour assurer leur protection contre les chocs et le feu, les conteneurs contenant de l' UF_6 sont transportés sur la voie publique dans des coques de protection. En France, l'un des modèles de coque utilisé est de conception américaine (type UX-30), constitué de deux demi-coques maintenues en position fermée par 10 broches à billes et par deux arceaux (figure 2.18).



Figure 2.18 / Coque UX-30.

Cette analyse, qui s'est fondée sur des inspections de plusieurs expéditions de conteneurs d' UF_6 , dont l'une a conduit à la déclaration d'un événement le 8 février 2012, a notamment permis à AREVA d'identifier des causes de natures humaine et organisationnelle (défaut de verrouillage de broches à billes) mais également un défaut de conformité de certaines des coques dû à l'utilisation de modèles de broche à billes différents de celui spécifié dans le dossier de sûreté de la coque de protection. À cet égard, il est apparu que ce défaut de conformité résultait d'une absence d'information de la part du concepteur, auprès des utilisateurs en France mais également à l'étranger, de restrictions imposées sur le modèle de broche devant être utilisé, à la suite d'événements similaires survenus aux États-Unis dans le passé.

L'analyse a révélé un défaut de conformité de certaines des coques dû à l'utilisation de modèles de broche à billes différents de celui spécifié dans le dossier de sûreté de la coque de protection.

Outre le remplacement de l'ensemble des broches à billes de son parc d'emballages, la société AREVA a réalisé des actions de formation auprès des opérateurs en charge des contrôles avant expédition et a mis en place des contrôles additionnels, consistant en un contrôle visuel, un essai de traction et une photographie de chaque broche avant expédition, afin d'attester de leur bon engagement. **L'IRSN constate que, depuis la mise en œuvre de ces différentes actions, aucun nouvel événement lié à un défaut de verrouillage n'a été déclaré à l'ASN, ce qui suggère que les dispositions retenues sont pertinentes.**

Evénements relatifs à des contenus non conformes

Dans cette catégorie d'événements, ceux liés à la présence de "corps étrangers" dans les colis de combustible irradié méritent d'être soulignés.

Que recouvre le terme "corps étranger" ?

Le terme "corps étranger" désigne un objet ou une matière découvert dans la cavité d'un emballage et dont la présence n'était pas prévue au plan de chargement. Il s'agit notamment de vis de fermeture de l'emballage ou de matières organiques (joints d'étanchéité, morceaux de tissu ou ruban adhésif) qui sont vraisemblablement tombés accidentellement dans la cavité de l'emballage lors des opérations de chargement, de déchargement ou de maintenance de l'emballage.

La découverte de tels composants dans la cavité d’emballages chargés d’assemblages combustibles irradiés constituait, jusqu’en 2008, un motif de déclaration d’événement à l’ASN très occasionnel (un événement déclaré en 2000 et un en 2003).

Le contrôle systématique de la cavité des emballages mis en place pour détecter la présence éventuelle de corps étrangers a conduit à déclarer plus d’événements depuis 2009.

À la suite de la découverte fortuite, en 2008, de matières organiques en quantités importantes dans la cavité d’un emballage, à l’occasion de l’analyse de la composition gazeuse de la cavité visant à quantifier la production de gaz inflammables par radiolyse de résidus aqueux, un contrôle systématique de la présence de corps étrangers dans la cavité des emballages a été mis en place à l’usine AREVA de La Hague lors du déchargement des assemblages combustibles irradiés et lors de l’entretien périodique des emballages.

Cette vigilance accrue a conduit à la déclaration d’un nombre plus important d’événements depuis 2009.

En outre, l’analyse des événements déclarés depuis 2009 a permis de mettre en évidence un défaut de conception sur les tampons d’obturation de l’orifice permettant d’accéder à la cavité des emballages, après chargement, afin de réaliser les opérations de séchage et de mise en dépression de la cavité. La géométrie de la gorge du joint assurant l’étanchéité de ce tampon ne permettait pas un bon maintien du joint, qui s’est, à plusieurs occasions, retrouvé aspiré dans la cavité par la différence de pression entre la cavité de l’emballage et l’outillage de manœuvre du tampon. **La mise en place de précautions opératoires, puis la modification de la géométrie de la gorge de ce joint, en 2011, et le remplacement progressif des tampons d’orifice des emballages concernés lors des opérations de maintenance programmées permettent d’expliquer qu’en 2012 et en 2013 aucun événement lié à la présence de joint dans la cavité des emballages n’a été déclaré.**

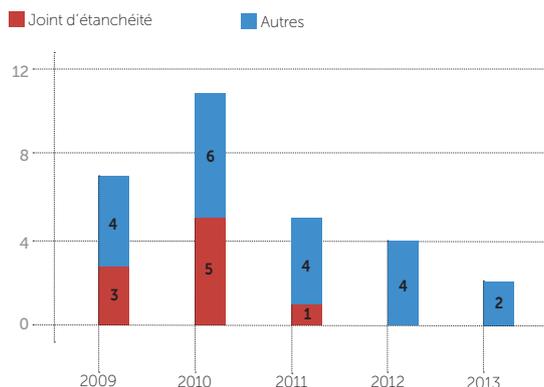


Figure 2.20 / Évolution du nombre de découvertes de corps étrangers pendant la période 2009-2013.

Au regard des risques d’endommagement des substances transportées ou du revêtement de la cavité de l’emballage par des éléments métalliques et des risques de production de gaz inflammables par radiolyse ou par thermolyse des matières organiques, un plan d’actions visant à garantir la “propreté” de la cavité des emballages de transport de combustible irradié a été mis en place courant 2011 par EDF et AREVA à la demande de l’ASN. Ce plan prévoit notamment, pour EDF, une inspection systématique de l’absence de “corps étrangers” dans la cavité lors du chargement des emballages. **La baisse du nombre d’événements déclarés en 2012, et surtout en 2013, par rapport aux années précédentes (figure 2.20) semble attester que les dispositions opérationnelles mises en place sont pertinentes.**



3

**ÉVÉNEMENTS
MARQUANTS**



3 ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

Ce chapitre présente quatre événements "transport", parmi les plus marquants survenus pendant la période 2012-2013, qui permettent d'illustrer certains types d'événements qui ont été traités dans le chapitre présentant l'analyse globale des événements.

+ ÉVÉNEMENT DU 18 AVRIL 2012 D'ENDOMMAGEMENT DE DEUX COLIS À LA SUITE DE LEUR CHUTE AU COURS D'UNE OPÉRATION DE MANUTENTION

Cet événement illustre la problématique de la manutention des colis de substances radioactives dans les zones aéroportuaires, qui a constitué, pendant la période 2012-2013, le deuxième motif le plus important de déclarations à l'ASN d'événements concernant le transport de substances radioactives.

Contexte

Le 17 avril 2012, la compagnie CERCA (Compagnie pour l'étude et la réalisation de combustibles atomiques), filiale du groupe AREVA spécialisée dans la fabrication d'éléments combustibles pour les réacteurs de recherche, a expédié, depuis son usine de Romans-sur-Isère, 9 colis de type TN-BGC 1 à destination de l'université Mac Master de Hamilton, au Canada. Chaque colis était chargé d'un élément combustible neuf, à base de siliciure d'uranium (U_3Si_2), dont l'enrichissement de l'uranium en isotope 235 était de 19,95 %.

Le modèle de colis TN-BGC 1



Le modèle de colis TN-BGC 1, de type B selon la réglementation, est constitué d'un corps de forme cylindrique, d'un diamètre d'environ 30 cm et d'une longueur de 1,80 m. La protection du colis en cas de choc est assurée par une cage en aluminium de forme parallélépipédique de 60 cm de côté (figure 3.1) ainsi que par un capot de protection constitué de balsa, de forme cylindrique, qui équipe la partie supérieure de l'emballage.

Figure 3.1 / Vue de l'emballage TN-BGC 1.

La première partie du transport a été effectuée par voie routière entre l'usine CERCA de Romans-sur-Isère et l'aéroport de Roissy – Charles de Gaulle. Les colis de l'envoi étaient disposés, soit seuls, soit par deux, dans une structure en bois, l'ensemble constituant une palette (figure 3.2). Les colis disposés par paire étaient solidarifiés par des sangles et l'ensemble des palettes de l'expédition étaient arrimées sur le camion en position horizontale à l'aide d'un autre type de sangles.



Figure 3.2 / Conditionnement des colis.

Description succincte de l'événement

Le 18 avril 2012, le déchargement du camion a été réalisé, dans la zone de fret de l'aéroport de Roissy, à l'aide d'un chariot élévateur, par un cariste d'une société sous-traitante de la compagnie Air Canada Cargo. Les palettes étaient manutentionnées l'une après l'autre et acheminées dans un hangar de transit.

Vers 6 h 40, lors du déchargement, les fourches du chariot élévateur ont été positionnées trop profondément sous l'une des palettes à décharger, ce qui, lors du soulèvement des fourches, a conduit au déséquilibre de la palette située derrière la palette en cours de déchargement et à son basculement sur le sol, d'une hauteur comprise entre 1 et 2 mètres.

Cet événement n'a pas eu de conséquence pour les travailleurs, le public ou l'environnement. En effet, les mesures radiologiques, réalisées vers 6 h 50 par un spécialiste présent sur place, n'ont mis en évidence ni contamination à la surface des colis ou sur le sol, ni débit de dose anormal.

L'équipe "examen colis" de l'IRSN est intervenue dans la zone de fret de l'aéroport de Roissy pour effectuer une expertise technique de l'événement.

Au sein de l'IRSN, l'équipe "examen colis"⁴, alertée par l'Échelon opérationnel des transports (EOT), a été dépêchée sur place afin de procéder à un examen visuel de l'état des colis (figure 3.3) et de proposer à l'ASN les actions à mettre en œuvre pour assurer leur récupération puis leur évacuation dans les conditions de sûreté requises pour ce type d'opérations.



Figure 3.3 / Vue des colis endommagés (de face).

Cet examen a révélé un endommagement de la cage de protection de l'un des deux colis et un décentrage des éléments assurant le maintien du capot amortisseur sur le corps de l'autre colis. L'exploitant estime que les contrôles réalisés avant l'expédition du colis attestent que ce décentrage n'est pas dû à un mauvais positionnement initial. Aussi, celui-ci résulte vraisemblablement d'une rotation du capot par rapport au corps de l'emballage lors de la chute.

À la demande de l'ASN, les colis ont été déplacés dans le hangar de transit après mise en place d'une sangle sur le capot du second colis afin de prévenir tout risque de désolidarisation du corps.

(4) Le rôle et les missions de cette équipe sont précisées au chapitre 4 "Sujets transverses" du présent rapport.

Quel est le rôle de l'Échelon opérationnel des transports de l'IRSN ?

L'Échelon opérationnel des transports (EOT) de l'IRSN est chargé de la gestion et du traitement des demandes d'accord d'exécution des transports de matières nucléaires. L'EOT instruit les dossiers de demandes d'accord d'exécution et émet un avis à l'attention des Autorités compétentes en matière de sécurité, qui délivrent ces accords.

De plus, l'EOT est chargé du suivi opérationnel en temps réel de ces transports et de la transmission aux Autorités des alertes les concernant. Ce lien permanent permet à l'EOT d'être le premier relais d'alerte en cas d'incident ou d'accident et de diffuser le cas échéant les informations nécessaires à la gestion de l'événement.

Un examen complémentaire des colis dans le hangar de transit a permis de déceler d'autres endommagements de la cage de protection des deux colis (fissures au niveau de soudures des tubes en aluminium de la cage et rupture d'un de ces tubes).

Après vérification du bon serrage des vis assurant la fixation des colis dans leur cage de protection, l'ASN a autorisé le transport des deux colis endommagés le jour même vers le centre CEA de Saclay après leur arrimage en position verticale sur leur camion de transport.

Le 20 avril 2012, l'ASN a émis un certificat d'approbation d'expédition sous arrangement spécial assorti de mesures de protection complémentaires (notamment l'accompagnement du transport par une escorte), visant à restaurer le niveau de sûreté requis pour le transport, afin de permettre le retour des deux colis sur le site de Romans-sur-Isère, en vue du contrôle et du reconditionnement des éléments combustibles transportés.

Cet événement n'a pas eu de conséquence radiologique, sa sévérité étant bien inférieure à celle de l'épreuve réglementaire de chute de 9 mètres de hauteur. Par conséquent, l'événement a été classé par l'ASN au niveau 0 sur l'échelle INES.

Analyse des causes de l'événement et actions correctives

L'analyse de l'événement, présentée par la société AREVA dans son compte rendu d'événement, a permis d'identifier différentes causes conjointes, de nature humaine et

L'analyse de l'événement a identifié différentes causes conjointes, de nature humaine et organisationnelle et de nature technique, en lien avec la configuration de l'arrimage et les équipements de manutention.

organisationnelle (autrement appelées causes liées aux facteurs organisationnel et humain - FOH) et de nature technique, en lien avec la configuration de l'arrimage et les équipements de manutention.

Pour ce qui concerne les causes de type FOH, l'analyse a notamment révélé un manque de connaissance, de la part du cariste, du plan d'arrimage des colis sur le véhicule, et notamment du fait que, les palettes étant arrimées deux par deux sur le véhicule, la palette située derrière celle à manutentionner n'était plus arrimée au véhicule. À cet égard, l'analyse a montré que le cariste

n'avait pas examiné l'état de l'arrimage des palettes avant de procéder à leur manutention. Selon AREVA, le basculement des colis aurait pu être favorisé par des mouvements brusques de la part du cariste, qui n'aurait, semble-t-il, pas pris de précaution particulière dans la manœuvre du chariot élévateur.

Au titre des actions correctives, AREVA a informé la société qui a effectué les opérations de déchargement précitées des défaillances identifiées, qualifiées de "défaillances de culture de sûreté", et a proposé à celle-ci la réalisation d'actions de sensibilisation de son personnel.

Si le manque de contrôle et d'attitude interrogative de l'opérateur en charge de la manutention des colis a joué un rôle certain, l'analyse présentée par AREVA a également identifié des causes de nature technique ayant favorisé la survenue de l'incident. Ainsi, le fait que les palettes étaient arrimées par paire a conduit à devoir désarrimer celle qui était située derrière la première palette à manutentionner, ce qui n'a pas permis son maintien sur le camion lorsqu'elle a été déstabilisée par les fourches du chariot élévateur. À cet égard, il est apparu que le chariot utilisé, muni de fourches trop longues, n'était pas adapté à la manutention à réaliser.

Les dommages constatés à l'issue de la chute des deux colis de type TN-BGC 1 ont confirmé l'existence d'incertitudes quant au comportement des colis de ce type en cas d'accident.

Au titre des actions correctives, la société AREVA a retenu, d'une part la mise en place d'une pièce de bois entre les palettes afin de prévenir le dépassement des fourches lors du déchargement, d'autre part un arrimage individuel de chacune des palettes transportées afin de prévenir le risque de basculement par "effet domino" en cas de choc lors du déchargement.

Enseignements

Les dommages constatés par l'IRSN à l'issue de la chute des deux colis de type TN-BGC 1, s'ils n'ont pas eu de conséquence directe sur la sûreté au moment de l'événement, ont confirmé l'existence d'incertitudes quant au comportement des colis de ce type en cas d'accident. À cet égard, le CEA, propriétaire du concept d'emballage, a proposé des améliorations et des renforcements des fixations de la cage et du capot sur le corps des emballages. A la suite de leur évaluation par l'IRSN, l'ASN a imposé au CEA la mise en place de ces modifications pour les colis chargés des contenus les plus sensibles.

+ ÉVÉNEMENT DU 8 OCTOBRE 2012 RELATIF À UN CONTENU NON CONFORME DANS UN COLIS

Cet événement illustre le sujet de la non-conformité d'un colis due à la présence d'un objet non autorisé à être chargé dans l'emballage de transport, et dont l'impact sur la sûreté du transport n'a pas été analysé dans le dossier de sûreté du colis

Contexte

Entre octobre 2008 et mars 2012, plusieurs campagnes de transport de crayons combustibles MOX neufs ont été menées entre l'usine MELOX de Marcoule et l'usine FBFC de Dessel, en Belgique, en vue de la fabrication d'assemblages combustibles MOX. Ces transports ont été réalisés par voie routière dans des colis de type FS 65-1300 (figure 3.4), classés en tant que colis de type B chargés de matières fissiles.



© AREVA/ADR

Figure 3.4 / Vue d'un emballage FS 65-1300.

Pendant leur entreposage avant expédition, les crayons combustibles sont conditionnés par lot, d'environ 200 à 300 crayons, dans une boîte de forme parallélépipédique dans laquelle ils sont regroupés sous forme de fagots maintenus à l'aide de sangles en fibres synthétiques. Pendant leur chargement dans l'emballage, et leur transport, les crayons restent conditionnés dans cette boîte.

L'expéditeur des colis, la société MELOX, filiale du groupe AREVA en charge de la fabrication de combustible MOX, avait commissionné la société TN International, filiale du groupe AREVA en charge de la conception, de la fabrication et de la gestion du parc d'emballages de transport du groupe, pour la réalisation des opérations de transport. À ce titre, l'analyse de la sûreté du modèle de colis FS 65-1300 chargé de crayons combustibles MOX a été réalisée par la société TN International, qui était également le requérant auprès de l'ASN pour l'obtention du certificat d'agrément relatif à ces transports.

Qu'est-ce que le certificat d'agrément d'un modèle de colis ?

Le certificat d'agrément d'un modèle de colis est un document émis par l'Autorité de sûreté qui atteste de la conformité du modèle aux exigences réglementaires qui lui sont applicables. Il comporte une définition de l'ensemble des substances radioactives pouvant être transportées dans l'emballage ainsi que les exigences portant sur leur conditionnement et, le cas échéant, sur les conditions de transport à respecter (conditions météorologiques, durée maximale du transport...).

Le certificat d'agrément est émis pour une durée limitée, généralement comprise entre 3 et 5 ans, sur la base de l'analyse de la conformité du modèle de colis à la réglementation, présentée par le "requérant". Pour les modèles de colis de matières fissiles concernés par un transport transfrontalier, le certificat d'agrément émis par l'Autorité de sûreté du pays expéditeur doit être validé par celle du pays destinataire.

Description succincte de l'événement

Le 8 octobre 2012, la société TN International a déclaré à l'ASN avoir détecté un écart concernant le chargement des emballages de transport FS 65-1300 utilisés lors des campagnes de transport précédemment réalisées. Cet écart concernait la présence, dans les emballages, des fagots de crayons combustibles MOX toujours équipés de leurs sangles de maintien, alors que ces sangles ne figuraient pas dans la description du contenu autorisé par le certificat d'agrément du colis de type FS 65-1300 et que leur impact sur la sûreté du transport n'avait pas été analysé dans le dossier de sûreté du colis.

À la suite de la découverte de cet écart, les transports de crayons combustibles MOX neufs entre l'usine MELOX et l'usine FBFC de Dessel ont été interrompus.

À la suite de la découverte de cet écart, les transports entre l'usine MELOX et l'usine FBFC de Dessel ont été interrompus par l'expéditeur et l'ASN a demandé à la société TN International de fournir une étude d'impact de la présence des sangles sur la sûreté du colis.

La société TN International a démontré que la présence des sangles ne remettait pas en cause la sûreté des transports concernés. Ainsi, les calculs ont montré que la quantité de gaz inflammables susceptibles d'être

Quelle est l'influence de la modération sur les risques de réaction en chaîne incontrôlée de fissions ?

Lors de leur déplacement dans la matière, les neutrons cèdent progressivement leur énergie lors de collisions avec les noyaux des atomes rencontrés. Ce phénomène, appelé "modération" en physique nucléaire, conduit à une augmentation de leur probabilité de provoquer des fissions lorsque de la matière fissile est présente. L'énergie cédée est d'autant plus grande que les noyaux sont légers, comme celui de l'hydrogène. Cela explique pourquoi la présence de matières hydrogénées favorise le risque de réaction en chaîne incontrôlée de fissions.

produits par la radiolyse des sangles était suffisamment faible pour ne pas induire de risque de surpression, ou de risque d'inflammation, dans la cavité de l'emballage, pour une durée couvrant la durée des transports concernés, y compris dans l'hypothèse où des aléas de transport auraient allongé cette durée. En outre, des essais thermiques réalisés sur ce type de sangle ont montré qu'il n'était pas sensible au risque de thermolyse aux températures atteintes en conditions normales de transport. La matière hydrogénée entrant dans la composition du matériau des sangles est un élément favorisant la modération des neutrons ; toutefois, la société TN International a démontré que, compte tenu de la quantité limitée d'hydrogène présente dans les sangles, les transports réalisés ne présentaient aucun risque de réaction en chaîne incontrôlée de fissions.

Après expertise par l'IRSN de ces éléments de démonstration, l'ASN ainsi que son homologue belge, l'AFCN, ont délivré, respectivement en octobre et en novembre 2012, les nouveaux certificats d'agrément autorisant le transport dans l'emballage de lots de crayons combustibles sangles ; les transports entre l'usine MELOX et l'usine FBFC de Dessel ont alors pu reprendre.

Compte tenu du non-respect des conditions d'autorisation du transport, cet événement a été classé par l'ASN au niveau 1 sur l'échelle INES.

Analyse des causes de l'événement et actions correctives

Les causes de cet événement ont été analysées conjointement par la société TN International, en tant que concepteur de l'emballage et rédacteur du dossier de sûreté, et par l'exploitant de l'usine MELOX, responsable du transport en tant qu'expéditeur.

Cette analyse a permis de mettre en évidence un manque de connaissance, de la part de TN International, des contraintes d'exploitation de MELOX et, en parallèle, une méconnaissance, de la part de l'expéditeur, du contenu de la démonstration de sûreté effectuée par TN International. En effet, il est apparu que le service de TN International en charge de l'analyse de sûreté n'avait pas été informé par l'exploitant de l'utili-

Le service du requérant en charge de l'analyse de sûreté n'avait pas été informé par l'exploitant de l'utilisation de sangles pour le conditionnement des crayons combustibles MOX en fagots.

sation de sangles pour le conditionnement des crayons combustibles MOX en fagots. Cette disposition, qui ne figurait pas dans le cahier des charges de l'analyse de sûreté préparé par TN International et validé par MELOX, n'avait donc pas été considérée dans l'analyse effectuée à l'appui de la demande d'agrément du modèle de colis concerné.

L'exploitant n'avait, de son côté, pas vu d'obstacle particulier au maintien de ces sangles lors du transport dans la mesure où le certificat d'agrément ne stipulait pas explicitement que tout matériel non décrit dans la définition du contenu était interdit.

Afin de pallier cette méconnaissance mutuelle des paramètres entrant dans la définition du contenu transporté, les sociétés MELOX et TN International ont convenu de renforcer leurs échanges documentaires dans le cadre des demandes d'agrément des modèles de colis et de faire un point, lors de réunions organisées régulièrement, sur la validité des agréments des emballages de transport en cours, en abordant notamment les évolutions d'exploitation susceptibles d'influer sur le contenu des analyses de sûreté.

Enseignements

Pour l'IRSN, cet événement illustre les difficultés que peuvent rencontrer les expéditeurs de colis en termes de compréhension de la définition du contenu autorisé dans un certificat d'agrément, que ceci concerne les caractéristiques des substances radioactives ou les composants et matériaux annexes (sangles, housses, cales...).

À cet égard, l'IRSN porte une attention particulière, dans le cadre de ses travaux d'évaluation, aux dispositions retenues en matière de description du contenu et de lisibilité de l'information figurant dans les certificats d'agrément, qui doivent notamment permettre de simplifier et de limiter le nombre de paramètres à vérifier afin de prévenir le risque d'erreur lors du chargement des emballages. En outre, lors des inspections conduites par l'ASN auprès des expéditeurs de substances radioactives, et auxquelles l'IRSN participe en tant qu'appui technique, des vérifications de conformité du chargement sont réalisées par sondage sur les dossiers d'expédition des transports réalisés.

+ ÉVÉNEMENT DU 19 NOVEMBRE 2012 DE PERTE D'UN COLIS SUR LA VOIE PUBLIQUE

Cet événement illustre le sujet de la perte de colis de substances radioactives qui, eu égard aux conséquences radiologiques potentielles pour les personnes du public, est le motif de déclaration d'événements le plus fréquent pour ceux classés au niveau 1 ou plus sur l'échelle INES. En l'occurrence, cet événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

Contexte

Le fluor 18 est un isotope du fluor qui est utilisé comme traceur radioactif pour le dépistage du cancer par imagerie médicale. Il est produit au moyen d'un cyclotron situé en général à proximité des lieux d'utilisation, compte tenu de sa très courte période radioactive qui impose que son transport soit effectué dans les meilleurs délais. L'un des cyclotrons exploités par la société CIS Bio International pour la production de molécules marquées au fluor 18 est situé à Nîmes. Ce site permet d'alimenter les centres hospitaliers universitaires (CHU) de Nîmes, Montpellier, Marseille et Avignon dans des durées compatibles avec la très courte période radioactive du fluor 18.

Description succincte de l'événement

Le 19 novembre 2012, lors d'une livraison au CHU de Nîmes, un colis, de type A, contenant une fiole de fluoro-désoxyglucose marqué au fluor 18 (^{18}F -FDG) est tombé sur la voie publique en cours de transport.

Ce colis se présente sous la forme d'une caisse métallique de 20 cm de côté et de 28 cm de haut (figure 3.5). Il renferme une enceinte en plomb permettant l'atté-



© IBA Molecular/DR

Figure 3.5 / Vue d'un emballage similaire à celui impliqué dans l'événement du 19 novembre 2012.

L'utilisation médicale du fluor 18

L'une des techniques d'imagerie médicale utilisées pour le dépistage des cancers est la tomoscintigraphie par émission de positons (TEP) réalisée dans un service de médecine nucléaire. Cette technique repose sur l'utilisation de traceurs, injectés au patient par voie intraveineuse, marqués par un élément radioactif émetteur de positons (antiparticule de l'électron). Il s'agit de détecter, grâce à des détecteurs disposés autour du patient, les deux photons émis lors de l'annihilation, par un électron du tissu biologique, de chaque positon émis par le traceur, ce qui permet de connaître sa localisation et sa concentration dans l'organe ciblé et de pratiquer ainsi une imagerie fonctionnelle.

L'un des traceurs couramment utilisés est le fluoro-désoxyglucose marqué au fluor 18 (¹⁸F-FDG), dont le comportement dans l'organisme est semblable à celui

du glucose. La multiplication des cellules cancéreuses nécessitant beaucoup d'énergie, apportée habituellement par le sucre, l'accumulation du traceur traduit la présence de tissus cancéreux.

L'atome de fluor 18, qui n'existe pas à l'état naturel, est produit dans un cyclotron sous l'effet du bombardement d'une cible d'oxygène 18 par un faisceau de protons, accéléré sous l'action combinée d'un champ électrique et d'un champ magnétique. La période radioactive du fluor 18 étant très courte (110 minutes), la durée s'écoulant entre la production du radio-isotope dans le cyclotron et son injection dans le corps du patient doit être aussi courte que possible. De ce fait, les sites de production se trouvent à proximité des hôpitaux comportant un service de médecine nucléaire équipé d'une caméra TEP.

nuation du rayonnement émis par la fiole placée en son centre, dont l'activité au moment de l'expédition était de 20 gigabecquerels (GBq).

Le conducteur du véhicule de livraison a indiqué s'être rendu compte, en cours de route, que la portière arrière du véhicule était entrouverte et qu'un colis avait disparu. La police a été alertée par téléphone par un témoin affirmant avoir vu ce colis sur le bord de la route. Toutefois, lorsque la police est arrivée sur les lieux, le colis n'était pas là et il n'a, par la suite, jamais été retrouvé.

Compte tenu des risques radiologiques existant le jour de la perte du colis, une alerte radiophonique a été diffusée localement.

Compte tenu des risques radiologiques existant le jour de la perte du colis, notamment en cas de violation des scellés et d'ouverture de l'enceinte de plomb assurant la protection radiologique de la fiole de fluor 18, une alerte radiophonique a été diffusée localement et la préfecture du Gard, ainsi que l'ASN, ont publié sur leur site internet des informations sur la conduite à tenir en cas de découverte du colis.

Analyse des causes de l'événement et actions correctives

Le lendemain de l'incident, l'ASN a mené une inspection réactive dans les locaux de la société qui avait réalisé le transport du colis pour le compte du commissionnaire Isovital, lui-même mandaté par la société CIS Bio International pour les opérations de transport. Cette inspection a porté en particulier sur les conditions d'arrimage et de calage des colis dans le véhicule de transport ainsi que sur les dispositions relatives à la formation du personnel chargé de ces opérations. Cet événement a également fait l'objet d'une analyse détaillée par la société Isovital qui a conforté les conclusions de l'ASN.

Quelles sont les règles relatives à l'arrimage des colis de substances radioactives ?

Conformément à l'arrêté du 29 mai 2009 relatif au transport de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit "arrêté TMD"), la responsabilité de l'arrimage et du calage des colis de substances radioactives incombe au transporteur et ce dernier doit mettre en œuvre des moyens de calage définis précisément par le commissionnaire.

L'absence d'utilisation de sangles d'arrimage constitue un non-respect des règles d'arrimage et de calage requises pour le transport, ce qui, au regard du décret n°77-1331 du 30 novembre 1977 relatif à certaines infractions à la réglementation sur le transport des matières dangereuses, est passible de peines d'amende.

Le véhicule utilisé pour le transport du colis était un véhicule de remplacement qui n'était pas pourvu des sangles devant permettre d'effectuer l'arrimage de ce colis.

Pour ce qui concerne l'arrimage du colis, l'analyse a notamment révélé que le véhicule utilisé pour le transport était un véhicule de remplacement, qui n'était pas pourvu des sangles devant permettre d'effectuer cet arrimage ; en l'absence de ces sangles, le conducteur n'a donc pas pu arrimer le colis. Les investigations menées par l'ASN ont montré que le gérant de la société de transport n'avait pas effectué de contrôle du véhicule utilisé afin de vérifier que les moyens d'arrimage et de calage requis étaient mis à disposition du conducteur. En outre, le conducteur ne disposait pas de consignes d'arrimage.

Par ailleurs, il est apparu que le conducteur avait vraisemblablement mal refermé l'une des portes arrière du véhicule, ce qui a conduit à la chute du colis sur la voie publique au cours du transport.

Le commissionnaire a confirmé que le conducteur n'avait pas fait preuve d'une attitude interrogative suffisante quant à la démarche à adopter en l'absence de moyens

d'arrimage et n'avait pas effectué de contrôle avant départ de la fermeture des portes de son véhicule.

Dans son rapport d'analyse, la société Isovitral a invité la société de transport à mettre en œuvre un plan d'actions comportant une sensibilisation et une formation interne des intervenants (conducteurs et personnel d'encadrement) aux consignes, notamment d'arrimage, et aux contrôles à effectuer en préalable à chaque transport. En outre, la société Isovitral a demandé à son sous-traitant de mettre en place un niveau de contrôle et d'équipement des véhicules de remplacement comparable à ce qui est mis en œuvre pour les véhicules utilisés habituellement.

Le non-respect par le responsable de la société de transport de l'exigence de l'arrêté TMD et les négligences du chauffeur ont été jugés par l'ASN révélateurs d'un défaut de culture de sécurité au sein de cette société.

Au regard du non-respect des règles élémentaires de transport ainsi que des conséquences radiologiques potentielles de la perte du colis, l'événement a été classé par l'ASN au niveau 2 sur l'échelle INES.

Enseignements

Pour l'IRSN, cet événement souligne l'importance qui doit être apportée, par les transporteurs, aux dispositions retenues pour l'arrimage des colis de substances radioactives. En effet, des événements sont régulièrement déclarés à l'ASN depuis plusieurs années, ayant pour origine des défauts dans les dispositions retenues concernant l'arrimage des colis.

Ce sujet important fait l'objet de groupes de travail, au niveau national et au niveau international, car des événements de ce type surviennent également à l'étranger. Ces groupes de travail, auxquels l'IRSN participe, visent notamment à établir des critères de dimensionnement des dispositifs d'arrimage selon les modes de transport utilisés (routier, ferroviaire, aérien et maritime) et à formuler, sous forme de guides à l'attention des expéditeurs et des transporteurs, les bonnes pratiques à mettre en œuvre afin de fiabiliser l'arrimage des colis.

+ ÉVÉNEMENT DU 23 DÉCEMBRE 2013 RELATIF AU DÉRAILLEMENT D'UN WAGON D'UN TRAIN EN GARE DU BOURGET

Trois événements significatifs survenus en 2012 et 2013 ont concerné le déraillement d'un wagon contenant des substances radioactives. L'événement du 23 décembre 2013, bien que n'ayant pas eu de conséquence directe sur la sécurité du transport, a, en raison du type de substances radioactives transportées (assemblages combustibles irradiés) et du lieu de l'incident (gare en région parisienne, à proximité de zones d'habitation), fait l'objet d'une large couverture médiatique.

Contexte

Dans le cadre du transport de substances radioactives lié aux activités du cycle du combustible, les assemblages combustibles irradiés, après leur utilisation dans le cœur des réacteurs nucléaires, sont expédiés, dans des emballages TN 12/2 ou TN 13/2 (colis de type B), depuis les sites de production d'électricité d'EDF jusqu'à l'usine AREVA de La Hague pour y être traités.

Description succincte de l'événement

Le 23 décembre 2013, vers 16 heures, un convoi ferroviaire constitué d'une locomotive et d'un wagon comportant un colis de type TN 13/2 chargé d'assemblages combustibles irradiés, expédié par le site EDF de Nogent-sur-Seine et à destination de l'usine AREVA de La Hague, est partiellement sorti des voies, au niveau d'un aiguillage, lors d'une manœuvre d'exploitation en gare de triage de Drancy – Le Bourget.

La gare de triage de Drancy – Le Bourget

La gare de triage de Drancy – Le Bourget comporte 48 voies de chemin de fer s'étendant sur 3 km de longueur.

Située à cheval sur trois communes du département de la Seine-Saint-Denis (Drancy, Le Blanc-Mesnil et Le Bourget), en région Île-de-France, cette zone de fret accueille chaque année près de 250 000 wagons de marchandises, dont 13 000 chargés de matières dangereuses (hydrocarbures, chlore, ammoniac et substances radioactives).

Pour le transport, ce type de colis est placé à l'intérieur d'une structure métallique (en blanc sur la figure 3.6) le protégeant des intempéries et permettant de prévenir tout contact direct avec le colis. Le déraillement, qui s'est produit à faible vitesse (moins de 20 km/h), n'a pas entraîné de déstabilisation du colis.



Figure 3.6 / Vue du wagon après le déraillement.

À la suite de l'activation, par la SNCF, de l'alerte prévue dans le plan d'urgence mis en œuvre dans chaque gare susceptible de recevoir des matières dangereuses à haut risque, la brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris est intervenue, un peu avant 17 heures, afin d'effectuer des contrôles radiologiques autour du colis (débit de dose et contamination de la surface externe du colis). Les résultats de ces contrôles n'ont pas montré de dépassement des critères réglementaires.

La brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris est intervenue pour effectuer des contrôles radiologiques.

Les opérations de relevage du wagon ont été réalisées par la SNCF, le lendemain matin, et le wagon a été déplacé jusqu'à une position de "garage", dans l'attente d'une autorisation par l'ASN de poursuivre son acheminement vers l'usine de La Hague. À cet égard, après concertation avec la SNCF et la société TN International, commissionnaire du transport, l'ASN a décidé que le transport de colis impliqué dans le déraillement devait être réalisé avec un autre wagon.

Après validation par l'ASN du plan d'actions détaillé présenté par la société TN International pour la réalisation de cette opération, le transbordement a été réalisé le 27 décembre 2013. Lors de cette opération, des contrôles de débit de dose ont été effectués autour du colis dont les résultats ont confirmé ceux des contrôles effectués le jour de l'événement.

Le nouveau wagon a été acheminé, sans encombre, jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes, d'où le colis a ensuite été transféré, par voie routière, vers l'usine de La Hague, où il est arrivé le 30 décembre 2013.

Par ailleurs, conformément au règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID), un contrôle radiologique a été effectué sur le wagon endommagé, qui a révélé l'existence d'un point de contamination situé en dessous d'un support d'arrimage.

La décontamination du wagon a été réalisée par la société TN International le 31 décembre 2013. Selon l'analyse menée par EDF, la contamination observée serait due à des particules radioactives, composées de cobalt 60, issues de l'eau de la piscine de désactivation dans laquelle avait été immergé l'emballage de type TN 13/2 pour son chargement, et qui se seraient détachées du colis pour tomber à l'intérieur du wagon, soit lors du chargement du colis, soit en cours de transport ([» http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Incident-ferroviaire-de-Drancy-Le-Bourget-93](http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Incident-ferroviaire-de-Drancy-Le-Bourget-93)).

Ce dépassement des critères réglementaires de contamination, qui n'a pas de lien avec le déraillement du wagon, a fait l'objet d'une déclaration d'événement par l'expéditeur du colis.

Analyse des causes de l'événement et actions correctives

L'examen par la société TN International de la conformité des documents associés au wagon impliqué dans l'événement n'a pas fait apparaître de non-conformité de conception, de fabrication ou de maintenance de ce wagon. En outre, ce même wagon avait emprunté à plusieurs reprises cette voie, la seule autorisée pour le transport de matières dangereuses, sans incident depuis sa dernière maintenance, effectuée en 2012.

L'examen de la conformité du référentiel documentaire associé au wagon impliqué dans l'événement n'a pas fait apparaître de non-conformité de conception, de fabrication ou de maintenance de ce wagon.

Le jour même de l'événement, une enquête technique a été ouverte par le Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre afin d'identifier les éventuelles défaillances techniques pouvant être à l'origine du déraillement. En outre, des experts judiciaires ont été mandatés afin d'enquêter sur les responsabilités dans cet événement et d'identifier d'éventuelles causes organisationnelles ou des erreurs humaines lors des opérations de triage.

Qu'est-ce que le Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) ?

Créé en 2004, le BEA-TT, qui dépend du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), a pour mission de réaliser, en toute indépendance, des enquêtes techniques sur les accidents ou incidents graves ou potentiellement graves de transport terrestre afin d'en établir les circonstances, d'en identifier les causes certaines ou possibles et d'émettre des recommandations de sécurité destinées à prévenir de futurs accidents similaires.

Acteur de prévention contre les accidents de transport terrestre, le BEA-TT a une vocation purement technique. Ses enquêtes ne visent pas à déterminer des responsabilités. Son champ d'intervention couvre à la fois les transports ferroviaires, les transports routiers, les modes guidés urbains (métros et tramways), les remontées mécaniques et la navigation intérieure. Il dispose d'une très large capacité d'investigation, qui lui est ouverte par la loi, et a notamment accès aux dossiers d'information ou d'instruction judiciaire concernant les accidents qu'il analyse. Il est tenu de rendre publics les rapports concluant ses enquêtes.

Les conclusions des expertises du BEA-TT sont publiées sur son site internet ([» http://www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr](http://www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr)).



Les conclusions de ces différentes expertises, lorsqu'elles seront connues, devraient préciser les raisons du déraillement. Néanmoins, l'expertise du wagon endommagé, réalisée le 16 janvier 2014, n'a révélé aucune non-conformité pouvant expliquer le déraillement ; de plus, aucune trace de grippage ou d'endommagement n'a été constatée sur le bogie qui est sorti des voies (les dommages constatés sur un autre bogie apparaissent comme une conséquence du déraillement). Aussi, une défaillance du wagon ne semble pas avoir été à l'origine de l'événement. Par conséquent, ce type de wagon continue à être utilisé pour la réalisation de transports de substances radioactives.

Bien que cet événement n'ait pas remis en cause la sûreté du colis de combustible irradié et n'ait pas eu de conséquence sur la santé des populations avoisinantes et sur l'environnement, sa survenue dans une zone d'habitation dense, où 250 000 personnes résident à moins de 2,5 km de la gare, a conduit à une large couverture médiatique qui a été l'occasion, pour les élus des communes voisines et des associations de riverains, de rappeler leur opposition au passage de trains chargés de matières dangereuses, dans un contexte où plusieurs incidents se sont produits ces dernières années, dont le déraillement d'un wagon chargé d'acide chlorhydrique, qui n'a pas occasionné de fuite, seulement 12 jours auparavant.

Le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire a auditionné la société TN International et l'ASN au sujet de l'événement, lors de sa réunion plénière du 13 février 2014.

Compte tenu des attentes des élus et des associations de riverains en termes d'information et de transparence sur ce type d'événement, le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), qui est l'instance d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et l'impact de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire, a auditionné les acteurs impliqués (la société TN International et l'ASN) lors de sa réunion plénière du 13 février 2014 ([» www.hctisn.fr](http://www.hctisn.fr)).

Enseignements

Lors de l'événement du 23 décembre 2013, le train roulait à faible vitesse (moins de 20 km/h) et le déraillement qui s'est produit n'a pas entraîné de déstabilisation du colis qui aurait pu provoquer sa chute. Néanmoins, le retour d'expérience relatif aux accidents ferroviaires en général rappelle que de tels événements peuvent survenir à des vitesses plus élevées.

Ceci confirme l'importance qui doit être accordée, dans le cadre de la démarche de défense en profondeur appliquée à la sûreté des transports de substances radioactives, à la conception robuste des em-



© Noak/Le bar Floreal/IRSN

Figure 3.7 / Essai de chute d'un emballage sur une barre d'acier.

ballages utilisés pour ces transports. Cette robustesse doit, dans le but d'assurer la protection des personnes et de l'environnement, être d'autant plus importante que la radioactivité contenue dans les emballages est élevée. Elle est, en particulier, étudiée à la conception de chaque type d'emballage et testée, en général sur une maquette, lors d'essais représentatifs des situations accidentelles susceptibles d'être rencontrées durant les transports. Dans ce cadre, les emballages utilisés pour le transport d'assemblages combustibles irradiés (emballages de type B), tels que celui impliqué dans l'événement, font notamment l'objet de tests réglementaires de résistance aux chocs à 50 km/h (simulés par une chute de 9 mètres sur une surface indéformable) puis de résistance à la chute, d'une hauteur de 1 mètre, sur une barre d'acier (figure 3.7).





4

**SUJETS
TRANSVERSES**





4 SUJETS TRANSVERSES



L'exploitation du retour d'expérience par l'IRSN concerne tous les aspects des événements concernant les transports de substances radioactives. Ce retour d'expérience est notamment mis à profit par l'IRSN pour améliorer les dispositions retenues pour faire face à la gestion des situations de crise pouvant impliquer des colis de substances radioactives. Ce chapitre vise à illustrer ce sujet par deux exemples explicatifs.

+ RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA GESTION DE CRISE LIÉE AUX ÉVÉNEMENTS DE TRANSPORT DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

À l'instar des installations nucléaires de base, la sûreté du transport de substances radioactives s'inscrit dans une démarche de défense en profondeur dont le dernier niveau repose notamment sur une gestion de crise, en cas d'accident, dont l'efficacité est essentielle afin de limiter les conséquences sur la population et l'environnement à proximité du lieu de l'accident. Dans ce cadre, la mission de l'IRSN est d'apporter son expertise et son conseil aux pouvoirs publics.

Les exercices de mise en situation de crise, organisés périodiquement à l'échelon local et national, sont, pour l'IRSN, l'occasion de tirer un retour d'expérience lui permettant d'améliorer les dispositions techniques et opérationnelles qu'il a mises en place pour remplir cette mission.

Le plan ORSEC-TMR

Pour répondre notamment à la directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence susceptible d'engendrer un risque pour la population, chaque département français doit être doté d'un plan ORSEC (Organisation de la réponse de la sécurité civile) dont les dispositions spécifiques aux transports de substances radioactives (TMR) font l'objet du plan ORSEC-TMR.

Le plan ORSEC-TMR est déclenché lors d'un accident impliquant un emballage contenant des substances radioactives, susceptible de conduire à un risque radiologique pour la population ou l'environnement, que l'emballage soit transporté par voie routière, ferrée, navigable ou aérienne.

Le plan ORSEC-TMR organise, mobilise, met en œuvre et coordonne tous les moyens publics ou privés permettant de contribuer à la protection de la population, des biens et de l'environnement. Il est déclenché lors d'un accident impliquant un emballage contenant des substances radioactives, susceptible de conduire à un risque radiologique pour la population ou l'environnement, que l'emballage soit transporté par voie routière, ferrée, navigable ou aérienne.

Il implique différents acteurs, tant au niveau local que national :

- › au niveau local, c'est le Préfet du département où s'est produit l'accident qui est responsable du déclenchement du plan et de la mobilisation des moyens de secours locaux associés. L'expéditeur, ou le transporteur, du colis impliqué prend les mesures qui s'imposent afin d'informer les pouvoirs publics et



Quelles dispositions nationales pour gérer un accident nucléaire ou radiologique majeur ?

Pour renforcer la sécurité de la population en cas d'accident grave survenant sur le territoire national, ou hors des frontières, en prenant en compte les enseignements de la catastrophe de Fukushima en mars 2011, et » répondre à l'éventualité d'accidents de transport de matières radioactives*, y compris en mer, le gouvernement français a élaboré le plan national "Accident nucléaire ou radiologique majeur" qui a été publié le 3 février 2014 (figure 4.1).

Dans le cadre de ce plan, le Premier ministre assure, en liaison avec le Président de la République, la direction politique et stratégique de la crise et pilote la Cellule Interministérielle de Crise (CIC) qui constitue l'instrument de conduite de crise au niveau national. La CIC rassemble, outre l'ensemble des ministères concernés, l'autorité de sûreté compétente de droit (ASN ou ASND), les organismes publics dont l'appui d'expertise est nécessaire (IRSN) et les représentants de l'exploitant, en tant que de besoin.

Ce nouveau plan fait l'objet d'une déclinaison zonale et départementale et s'appuie notamment sur les dispositifs de sécurité publique et d'Organisation de la réponse de la sécurité civile (ORSEC) » http://www.sgdsn.gouv.fr/site_rubrique146.html.

(*) http://www.sgdsn.gouv.fr/IMG/pdf/SGDSN_parties1et2_270114.pdf



Figure 4.1 / Plan national de réponse "Accident nucléaire ou radiologique majeur".

les médias, de limiter les conséquences de l'accident et de mettre en œuvre les actions devant permettre la récupération du colis et des substances radioactives éventuellement dispersées dans l'environnement ;

- › au niveau national, l'ASN est chargée de conseiller le Préfet ; pour ce faire, l'ASN s'appuie sur l'expertise technique de l'IRSN. Suivant les conséquences de l'accident, les Ministères chargés de l'Intérieur, de la Santé, de l'Industrie et de l'Environnement peuvent être amenés à participer à la gestion de crise et à appuyer le Préfet dans son action. L'expéditeur et le transporteur du colis, de par leur connaissance des caractéristiques du transport et des substances radioactives, font également partie intégrante du dispositif national de crise. Par exemple, la société TN International, filiale du groupe AREVA spécialisée dans le transport de substances radioactives, dispose d'un centre de crise permettant de communiquer en temps réel avec les autorités compétentes.

Le plan est levé, sur décision du Préfet, après la récupération et la réexpédition du ou des colis accidenté(s). La gestion post-accidentelle, incluant la décontamination de la zone impactée, la gestion des éventuels terrains et productions contaminés..., ne relève pas du plan ORSEC-TMR.

Que comporte le plan ORSEC-TMR ?

Le plan ORSEC-TMR, anciennement nommé Plan de Secours Spécialisé "Transport de Matières Radioactives" (PSS-TMR), est propre à chaque département. Il décrit la composition et les missions des différentes cellules d'action, d'expertise et de communication impliquées dans la gestion de crise, des pouvoirs publics (la préfecture, le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS), la Cellule Mobile d'Intervention Radiologique (CMIR), les forces de l'ordre, etc.), de l'Autorité de sûreté, de l'IRSN, de l'expéditeur et du transporteur ainsi que des organismes publics ou privés pouvant être sollicités (Météo France, la SNCF, les sociétés d'autoroute...).

Le plan définit également les critères de déclenchement (en fonction du type d'accident et de colis), les moyens mobilisables aux niveaux local et national ainsi que les actions réflexes à entreprendre afin de sécuriser le lieu de l'accident, d'évacuer et de mettre à l'abri la population... À cet égard, il comporte des "fiches réflexes" permettant aux équipes de première intervention d'identifier rapidement les types de colis et de substances radioactives impliqués ainsi que les risques associés, de choisir les moyens d'intervention appropriés et de déterminer la zone d'exclusion autour du colis ainsi que la zone de mise à l'abri des populations à mettre en place.

Le volet "ORSEC-TMR" concerne les transports par voies routière, fluviale, ferroviaire et aérienne. Ses dispositions s'appliquent aussi bien aux transports civils que militaires. Les transports maritimes relèvent du plan NUCMAR.

À titre d'exemple, un plan ORSEC-TMR peut être consulté sur » le site internet du portail de l'État dans le département des Bouches-du-Rhône*.

(*) <http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/content/download/3751/21922/file/ORSEC%20transport%20de%20mati%C3%A8res%20radioactives.pdf>

Le rôle de l'IRSN dans l'organisation de crise

L'IRSN » participe au dispositif de gestion des situations d'urgence*, et notamment lorsqu'il s'agit d'un accident impliquant un transport de substances radioactives. Par son expertise, il appuie les autorités de sûreté et les ministères. Dans ce cadre, il propose à l'ASN des mesures d'ordre technique, sanitaire ou médical propres à assurer la protection des populations et de l'environnement.

Pour mener à bien ses missions d'appui technique aux pouvoirs publics en cas d'accident impliquant un transport de substances radioactives, l'IRSN met en œuvre son Centre technique de crise, basé à Fontenay-aux-Roses.

Pour mener à bien ses missions, l'IRSN dispose d'un Centre technique de crise (CTC), basé à Fontenay-aux-Roses en région parisienne, pouvant être activé 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 (figure 4.2), et d'une équipe d'intervenants, appelée "cellule mobile", pouvant être dépêchée sur le lieu de l'accident, dont le rôle est notamment d'organiser les mesures, de transmettre au CTC des éléments techniques nécessaires à son expertise et de donner des informations et des avis aux autorités locales.



Figure 4.2 / Centre Technique de Crise de l'IRSN.

L'organisation générale du CTC et les outils d'expertise technique disponibles lors d'une crise nucléaire sont illustrés par des vidéos disponibles sur » le site internet de l'IRSN**. Dans le cas d'une crise impliquant un transport de substances radioactives, une cellule "évaluation colis" est chargée d'analyser les conséquences des dommages subis par les colis, en particulier les dispositifs permettant d'assurer ses fonctions de sûreté (protection radiologique, confinement, sous-criticité) et d'analyser le plan de reprise des colis accidentés proposé par l'expéditeur ou le transporteur.

La "cellule mobile" de l'IRSN est entièrement intégrée au dispositif de sécurité civile déployé sur les lieux de l'accident ; elle est sous le commandement du commandant des opérations de secours qui coordonne les opérations sur le terrain et comprend principalement :

(*) http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque-nucleaire/entrainer-scenarios/Pages/sommaire.aspx

(**) http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque-nucleaire/IRSN-acteur-crise/Pages/sommaire.aspx

- » des équipes chargées de réaliser des analyses et des contrôles radiologiques sur des personnes et des échantillons prélevés sur le terrain. Pour ce faire, des camions laboratoires de l'IRSN (figure 4.3) peuvent être rapidement dépêchés sur les lieux ;
- » dans le cas d'un accident de transport, une équipe chargée de recueillir des informations sur l'état des colis accidentés (état physique, fuites éventuelles de rayonnement ou de contamination, maintien de la prévention des risques de criticité, capacité de dissipation thermique des colis...) et de transmettre ces informations au CTC.



Figure 4.3 / Camion laboratoire d'anthropo-radiométrie (mesure de la radioactivité retenue dans l'organisme).

Retour d'expérience des exercices de crise

À la date de rédaction du présent rapport, aucun accident de transport de substances radioactives n'a nécessité l'activation du plan ORSEC-TMR. Cependant, certains événements, tels que la collision routière, impliquant un colis de type B, survenu le 5 avril 2007 à Fère-Champenoise et l'événement de manutention survenu à l'aéroport de Roissy – Charles de Gaulle le 18 avril 2012 (décrit au chapitre 3 du présent rapport), ont nécessité la mobilisation de moyens de secours locaux ainsi que d'une partie des équipes de crise de l'IRSN, notamment les équipes de la "cellule mobile" chargées des mesures radiologiques et des informations sur l'état du colis.

À la date de rédaction du présent rapport, aucun accident de transport de substances radioactives n'a nécessité l'activation du plan ORSEC-TMR

Afin de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des moyens qui seraient mis en œuvre lors du déclenchement du plan ORSEC-TMR, ainsi que la bonne coordination entre les différents acteurs impliqués, qu'ils soient locaux ou nationaux, des exercices, appelés "exercices de crise", sont effectués régulièrement. En outre, pour tenir compte du fait qu'un accident survenu en France pourrait avoir des conséquences radiologiques sur le territoire de pays voisins, un exercice représentant un accident impliquant un colis de



Figure 4.4 / Examen de colis accidentés lors d'un exercice national de crise.

substances radioactives à la frontière entre la France et la Belgique a été organisé récemment pour tester la coordination entre les organisations de crise (pouvoirs publics, autorités de sûreté et leurs appuis techniques respectifs...) de ces deux pays.

Ces exercices ont pour objectif de permettre à chacun des acteurs impliqués dans la gestion de crise de mettre en pratique, de façon régulière, ses procédures d'intervention, afin de développer les compétences des équipes de crise et de permettre d'acquérir les réflexes nécessaires à une réponse rapide et efficace en cas de crise réelle. Ces exercices sont aussi l'occasion pour l'IRSN de tester ses moyens d'intervention sur le terrain (figure 4.4). Chaque exercice fait l'objet d'un retour d'expérience permettant en particulier d'identifier des axes d'amélioration, que ce soit en termes d'échanges entre les différents acteurs, de moyens d'expertise à leur disposition ou encore d'utilisation des moyens d'intervention sur le lieu de l'accident.

Pour l'IRSN, les exercices de crise "transport" sont l'occasion de tester ses moyens d'intervention sur le terrain.

Pour l'IRSN, ses interventions lors d'accidents de transport de substances radioactives, ainsi que son implication dans les exercices de crise réalisés à ce jour, lui ont en particulier permis d'identifier des difficultés concernant la remontée d'information (nombre et état des colis impliqués, durée de l'incendie éventuel, configuration du lieu de l'accident...) du terrain vers le CTC, notamment pendant la phase précédant l'arrivée de la "cellule mobile" de l'IRSN sur le lieu de l'accident, période pendant laquelle la seule source d'information est le SDIS ou la CMIR.

À ce sujet, l'équipe chargée de recueillir des informations sur l'état des colis s'est récemment dotée d'un système de caméra embarquée permettant un transfert d'images en temps réel à l'équipier resté en dehors de la zone d'exclusion, qui est en charge de relayer les observations au CTC, ainsi que de moyens informatiques et de communication plus compacts afin de faciliter leur déploiement.

ÉTUDE DE L'IRSN SUR LE COMPORTEMENT DES EMBALLAGES LORS DE FEUX DE LONGUE DURÉE

La réglementation demande que les colis de substances radioactives soient conçus pour résister à des situations accidentelles. Pour ce faire, les colis doivent assurer leurs fonctions de sûreté à la suite d'épreuves visant à être représentatives d'un accident majeur, dont un incendie de 30 minutes avec une température de flammes de 800 °C.

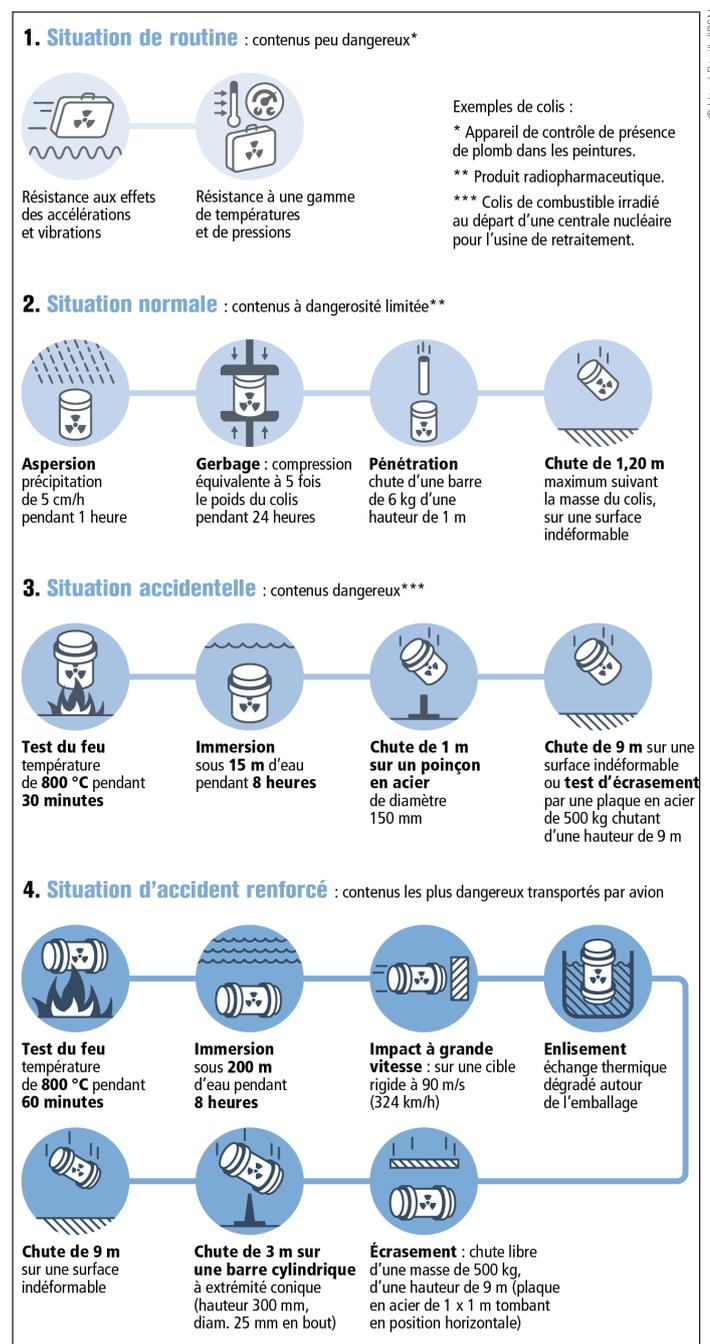


Figure 4.5 / Des épreuves pour chaque type de colis.

Contexte

Conformément aux exigences de la réglementation de l'AIEA applicable au transport de substances radioactives, les modèles de colis de type B et/ou chargés de matières fissiles sont conçus pour résister à une épreuve de feu, simulée par des flammes à 800 °C enveloppant complètement le colis, pendant 30 minutes. Cette épreuve doit être réalisée sur un spécimen déjà endommagé par les épreuves de chute réglementaires de 1 mètre et de 9 mètres de hauteur (figure 4.5).

Dans certaines configurations réelles d'accident, des durées d'incendie supérieures à 30 minutes sont plausibles au regard des quantités de matières inflammables mises en jeu, du temps d'intervention des pompiers et de la nature des moyens de lutte contre le feu disponibles à proximité de l'accident, voire de la configuration du terrain (tunnels par exemple) ou du moyen de transport (cales de navire...).

Dans le monde, le seul accident de transport connu impliquant un colis de type B soumis à un violent incendie est celui qui est survenu à Fère-Champenoise en 2007

À cet égard, lors de l'accident survenu le 5 avril 2007 à Fère-Champenoise, dans la Marne, ayant exposé un colis de type B à un incendie, une durée d'incendie estimée entre 15 et 50 minutes a été déclarée. Cet incendie n'a pas entraîné de conséquences radiologiques.

La diversité des configurations accidentelles susceptibles d'être rencontrées peut engendrer une exposition du colis à des températures de flamme et des durées variables selon la nature des produits inflammables impliqués dans l'incendie et la position du colis dans le feu.

Les résultats des études, réalisées par l'IRSN, de comportement au feu de différents modèles de colis destinés au transport d'assemblages combustibles, neufs ou irradiés, et de déchets radioactifs, ont permis à l'IRSN de compléter les outils d'évaluation de l'intégrité des modèles de colis, en cas d'accident, utilisés par ses experts en situation de crise.

Dans ce cadre, l'IRSN a réalisé, à l'aide de simulations numériques, des études du comportement au feu de différents modèles de colis destinés au transport d'assemblages combustibles, neufs ou irradiés, et de déchets radioactifs.

Ces études visent à déterminer la durée de l'incendie, caractérisé par une température de flammes comprise entre 400 °C et 1 000 °C, pouvant conduire à une rupture de confinement et à un relâchement de substances radioactives hors du colis. Les résultats de ces études permettent de compléter les outils d'évaluation de l'intégrité des modèles de colis, en cas d'accident, utilisés par les experts du CTC de l'IRSN en situation de crise.

Le 5 avril 2007, vers 6 h 30, un accident de la circulation impliquant un véhicule transportant un colis radioactif a eu lieu sur la route nationale 4, entre Nancy et Paris, à proximité de la commune de Fère-Champenoise (51).

Le colis, de type B, était constitué d'un emballage de conception russe chargé d'une source scellée, de 73 TBq environ de césium 137, agréée comme substance radioactive sous forme spéciale. Ce colis était destiné à un laboratoire d'étalonnage français.

Le véhicule est entré en collision avec un poids lourd transportant des produits laitiers, avant de prendre feu (feu essentiellement dû à la présence du carburant des véhicules).

Une durée d'incendie estimée entre 15 et 50 minutes a été déclarée. Le chauffeur de la camionnette et celui du poids lourd sont décédés.

L'IRSN a dépêché sur place une équipe de sa "cellule mobile" pour mettre en sécurité le colis et déterminer si des mesures particulières étaient nécessaires pour son évacuation. L'équipe a notamment procédé à la vérification de l'état du colis et, pour ce faire, la coque extérieure assurant la protection thermique et mécanique de l'emballage a été retirée (figures 4.6 et 4.7).

Il est apparu que l'ensemble des vis de fixation du colis étaient desserrées. Ce constat a confirmé que le colis avait été soumis à des contraintes thermiques sévères.

Cet événement a été présenté en détail dans le » [bilan des événements de transport survenus en France de 1999 à 2007*](#).

(*) http://www.irsn.fr/fr/actualites_presse/communiqués_et_dossiers_de_presse/pages/bilan_incidents_transport_de_matières_radioactives_usage_civil_1999_2007.aspx



Figure 4.6 / Vue du colis accidenté muni de sa coque extérieure de protection.



Figure 4.7 / Vue du colis accidenté sans sa coque extérieure de protection.



Le confinement des substances radioactives

Les composants assurant le confinement des substances radioactives dans un emballage (formant l'«enveloppe de confinement») dépendent de la quantité de radioactivité et du type de colis.

Pour un colis de type B, le confinement est généralement garanti par une enveloppe en acier d'une épaisseur pouvant varier entre 2 et 30 cm, selon le modèle, et conçue pour résister aux conditions de températures extrêmes imposées par la réglementation (chocs accidentels à - 40 °C, feu de 800 °C) ainsi que par des joints assurant l'étanchéité du ou des couvercles et des pièces d'obturation des orifices de l'emballage. Ces joints, généralement en élastomère mais pouvant également être métalliques, sont conçus pour limiter le relâchement d'activité à la température à laquelle ils sont exposés dans les conditions réglementaires de feu. Leur étanchéité est vérifiée par une mesure du taux de fuite avant chaque transport.

Dans le cas des assemblages combustibles, la gaine des crayons et les bouchons à leurs extrémités constituent la première barrière de confinement de la radioactivité (figure 4.8). Cependant, l'intégrité de cette barrière n'est pas garantie en cas d'accident sévère.

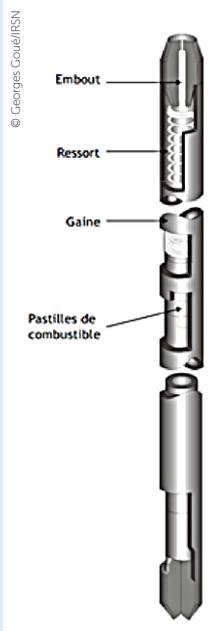


Figure 4.8 /
Vue schématique d'un crayon combustible.

Les colis étudiés (figure 4.9 - pour des raisons de symétrie, seul un huitième du colis a été modélisé) sont supposés avoir été préalablement endommagés lors des configurations de chute spécifiées par la réglementation. Pour chaque type de colis étudié, les caractéristiques du contenu (puissance thermique, taux d'irradiation...) ont été définies de sorte à maximiser la température atteinte au niveau des composants importants pour la sûreté (figure 4.10).

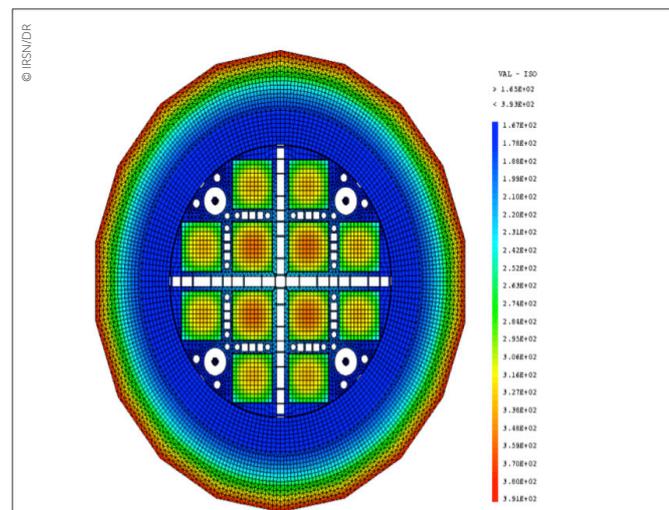
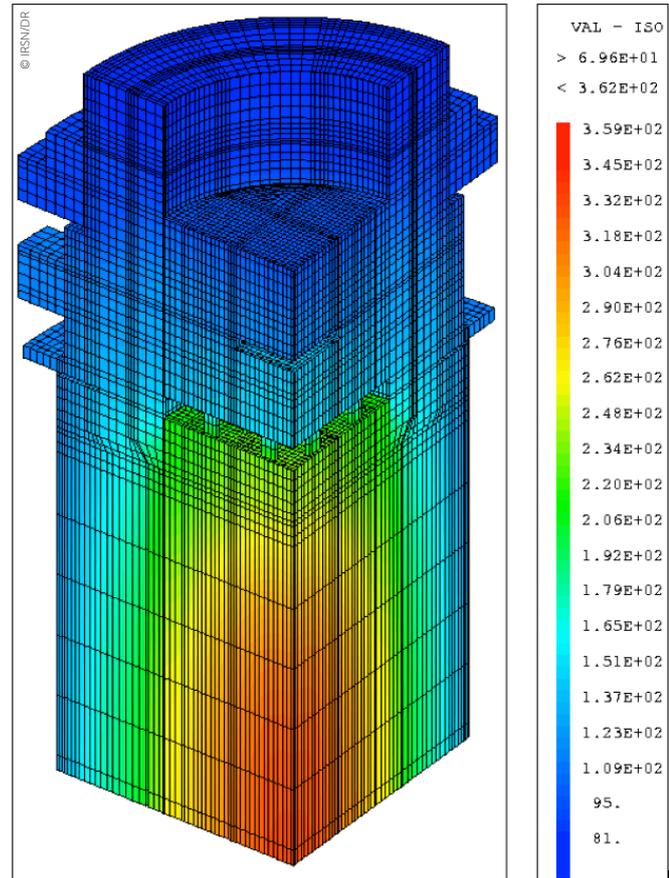


Figure 4.10 / Températures (en °C) atteintes dans le colis avant (image du haut) et après (image du bas) feu.

Description des simulations numériques réalisées, principaux résultats et enseignements tirés de ces simulations

Les calculs numériques réalisés par l'IRSN reposent sur l'utilisation d'un code, développé par l'IRSN, permettant une modélisation en trois dimensions des emballages de transport et de leur contenu. La modélisation permet de tenir compte, d'une part de la dilatation des matériaux et de la modification en temps réel de l'espacement entre les composants du colis, d'autre part de l'ensemble des modes de transfert thermique entre le colis et le milieu extérieur et entre les différents composants du colis (conduction, rayonnement, convection).

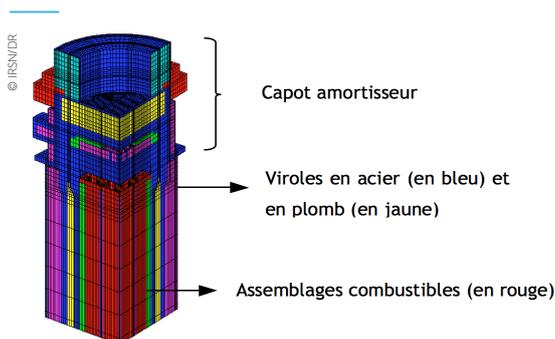


Figure 4.9 / Exemple de modèle de colis étudié.

Pour les différentes températures de flamme considérées, comprises entre 400 °C et 1 000 °C, les calculs réalisés ont permis de déterminer les durées de feu conduisant à un relâchement potentiel de substances radioactives hors du colis du fait de la perte d'étanchéité des joints et, le cas échéant, par rupture de la gaine des crayons combustibles (cf. figure 4.11).

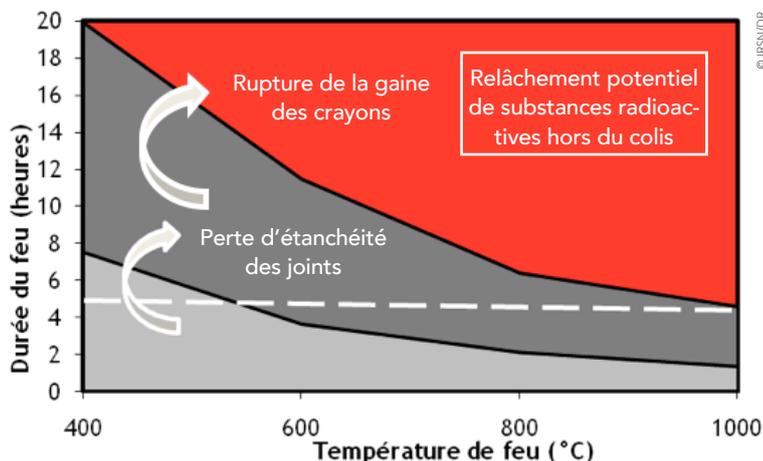
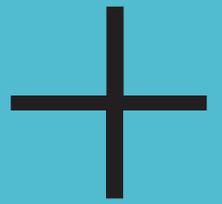


Figure 4.11 / - Exemples de durées et de températures maximales admissibles de scénarios de feu.

Ainsi, pour l'exemple correspondant à la figure 4.11, relatif à un colis de type B transportant des assemblages combustibles irradiés, ces résultats montrent que, lors d'un feu d'hydrocarbure "enveloppant" le colis à l'air libre, dont la température de flammes est de moins de 1 000 °C, le relâchement de substances radioactives hors du colis ne devrait pas intervenir avant 4 heures en l'absence de choc susceptible de remettre en cause l'intégrité des gaines des crayons combustibles, ou avant 1 heure 30 en cas de rupture de la gaine de ces crayons.

De plus, l'exploitation des résultats de ces calculs numériques a permis d'établir des relations simplifiées permettant au CTC de l'IRSN d'évaluer rapidement, en situation de crise, l'intégrité des éléments importants pour la sécurité des colis si les caractéristiques de l'incendie peuvent être estimées, notamment sa durée et la température des flammes, dépendant de la nature des liquides inflammables et de la position du colis dans le feu.





SIGLES





+ SIGLES



A

ADN

European Agreement concerning the international carriage of Dangerous goods by inland waterways, sigle anglais pour l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieure

ADR

European Agreement concerning the international carriage of Dangerous goods by Road, accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par la route. L'ADR contient les règles concernant le conditionnement, l'arrimage et le repérage des marchandises dangereuses ainsi que leur transport par route

AIEA

Agence internationale de l'énergie atomique

ASN

Autorité de sûreté nucléaire pour les activités civiles en France

ASND

Autorité de sûreté nucléaire pour les activités de Défense en France

B

BCOT

Base chaude opérationnelle du Tricastin, exploitée par EDF

Bq

Becquerel, unité de radioactivité (voir le glossaire)

C

CEA

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CENTRACO

Centre nucléaire de traitement et de conditionnement des déchets faiblement radioactifs, exploité par la société SOCODEI

CERCA

Compagnie pour l'étude et la réalisation de combustibles atomiques. Filiale du groupe AREVA spécialisée dans la fabrication d'éléments combustibles pour les réacteurs de recherche

CMIR

Cellule mobile d'intervention radiologique



CNPE

Centre nucléaire de production d'électricité, appelé également "site", comprenant plusieurs réacteurs nucléaires

CSA

Centre de stockage des déchets FMA-VC, situé à Soullaines-Dhuys, dans l'Aube

CSTFA

Centre de stockage des déchets TFA, situé à Morvilliers, dans l'Aube

CTC

Centre technique de crise de l'IRSN

D

DeD

Débit d'équivalent de dose, couramment appelé "débit de dose" (voir le glossaire)

E

ECOSOC

Economic and social council, sigle anglais du Conseil économique et social des Nations unies.

EDF

Electricité de France

EIT

Événement intéressant pour la sûreté des transports de substances radioactives (voir le glossaire)

EST

Événement significatif concernant les transports de substances radioactives (voir le glossaire)

F

FOH

Facteurs organisationnels et humains (voir "facteurs FOH" dans le glossaire)

FBFC

Société Franco-belge de fabrication de combustibles, filiale d'AREVA

FMA-VC

Faible et moyenne activité à vie courte (déchets de)

H

HA-VL

Haute activité à vie longue (déchets de)

HCTISN

Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire. C'est l'instance d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et l'impact de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire

I

INB

Installation nucléaire de base

INES

International nuclear event scale (voir échelle INES dans le glossaire)

IRSN

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

IT

Indice de transport (voir le glossaire)

M

MOX

Mélange d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium destiné à la fabrication de certains combustibles nucléaires



N

NUCMAR

NUCléaire MARitime (plan)

O

ONU

Organisation des nations unies

ORSEC

Organisation de la réponse de la sécurité civile

R

REP

Réacteur à eau sous pression

REX

Retour d'expérience effectué sur un sujet donné pendant une période déterminée

RID

Regulations concerning the International carriage of Dangerous goods by rail, sigle anglais pour le règlement concernant le transport international des marchandises dangereuses par voie ferroviaire

S

SDIS

Service départemental d'incendie et de secours

SOCODEI

Société pour le conditionnement des déchets et des effluents industriels, filiale d'EDF

SOMANU

Société de maintenance nucléaire

Sv

Sievert, unité permettant de mesurer l'exposition aux rayonnements (voir le glossaire)

T

TFA

Très faible activité (déchets de)

TMD

Transport de matières dangereuses

U

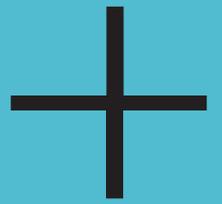
UF₆

Hexafluorure d'uranium (voir le glossaire)

X







GLOSSAIRE





+ GLOSSAIRE



A

Accident ou incident

Tout événement non prévu en fonctionnement normal et susceptible d'avoir des conséquences pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement ; les conséquences potentielles ou réelles d'un accident sont plus graves que celles d'un incident

Accident de criticité

Déclenchement d'une réaction de fission en chaîne incontrôlée au sein d'un milieu initialement sous-critique

Activité

Nombre de désintégrations spontanées de noyaux atomiques par unité de temps. L'unité d'activité est le Becquerel (Bq)

Activité spécifique

Activité par unité de masse de substance radioactive (s'exprimant en Becquerel par gramme – Bq/g)

Analyse de sûreté

Ensemble des examens techniques destinés à apprécier, en fonction de l'évaluation des risques, les dispositions propres à assurer la sûreté nucléaire

AREVA

Groupe industriel intervenant dans le domaine de l'énergie

Arrêté TMD

Texte spécifiant les exigences spécifiques applicables aux transports nationaux et internationaux de marchandises dangereuses par route, par chemin de fer et par voies de navigation intérieures effectués sur le territoire français ; ces règles peuvent compléter celles édictées par l'ADR, le RID et l'ADN et en préciser les modalités d'application

Assemblage combustible

Faisceau de crayons de combustible, reliés par une structure métallique, utilisé dans les réacteurs nucléaires

B

Becquerel (Bq)

Unité de radioactivité, 1 Bq = 1 désintégration par seconde. Cette unité est très petite et la mesure se fait souvent en utilisant un multiple du Bq, le méga becquerel (MBq) = 10^6 Bq = 1 million de Bq. Le Bq a remplacé le curie (Ci) qui donnait l'activité de 1 gramme de radium, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}$ désintégrations par seconde, soit 37 milliards de Bq

C

CIS Bio International

Filiale du groupe belge IBA (Ion Beam Applications S.A.) qui produit des traceurs radioactifs ou des sources pour la curiethérapie destinés aux hôpitaux, centres anticancéreux ou cliniques ayant un service de médecine nucléaire en leur sein



Colis

Ensemble constitué par les substances radioactives transportées et par l'emballage de transport qui les contient

Combustible nucléaire

Matière fissile (capable de subir une réaction de fission) utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Après utilisation dans un réacteur nucléaire, on parle de combustible irradié ou de combustible usé

Combustible usé

Combustible nucléaire ayant été irradié dans le cœur d'un réacteur duquel il est définitivement retiré

Confinement

Maintien des substances radioactives à l'intérieur d'un espace déterminé grâce à un ensemble de dispositions visant à empêcher leur dispersion en quantités inacceptables au-delà de cet espace ; par extension, ensemble des dispositions prises pour assurer ce maintien

Contamination

Présence de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque. Pour l'homme, la contamination peut être externe (sur la peau) ou interne (par respiration ou ingestion)

Criticité

Etat d'un milieu dans lequel s'entretient à niveau constant une réaction nucléaire en chaîne

Cycle du combustible

Ensemble des opérations industrielles auxquelles est soumis le combustible nucléaire

D

Débit de dose (DD)

Intensité d'irradiation (énergie absorbée par la matière par unité de masse et de temps). Il se mesure en Gray par seconde (Gy/s)

Débit d'équivalent de dose (DeD)

Débit de quantité de dose absorbée, pondérée quant aux effets biologiques par des facteurs de qualité différents selon les rayonnements. S'exprime généralement en milli sievert par heure (mSv/h)

Déchets radioactifs

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée

Décroissance radioactive ou désactivation

Diminution naturelle de l'activité nucléaire d'une substance radioactive par désintégrations spontanées

Défense en profondeur

Principe de sûreté qui consiste à mettre en place plusieurs niveaux de défense successifs, et suffisamment indépendants, visant une prévention efficace des dégradations des fonctions de sûreté des installations, ou des colis, et de leurs équipements, afin d'en limiter les conséquences éventuelles

E

Echelle INES

Echelle destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance, en matière de sûreté, des incidents et des accidents nucléaires ; elle définit 7 niveaux de gravité (de 1 à 7) en fonction des conséquences de ces événements

Emballage

Assemblage des composants nécessaires pour contenir de façon sûre les substances radioactives transportées. L'emballage peut inclure différents matériaux spécifiques destinés à absorber les rayonnements ou à assurer une isolation thermique, des équipements de service, des structures antichocs, des dispositifs pour la manutention et l'arrimage



Enveloppe de confinement

Dispositif capable d'empêcher ou de limiter la dispersion des substances radioactives hors de l'emballage

Euratom

Organisme public européen chargé de coordonner les programmes de recherche sur l'énergie nucléaire

Événement intéressant la sûreté

Ecart déclaré par un exploitant (ou un expéditeur) et qui n'entre pas dans les critères précisés par l'Autorité de sûreté nucléaire

Événement significatif

Ecart présentant une importance particulière selon des critères précisés par l'Autorité de sûreté nucléaire

Exploitant

Personne physique ou morale exploitant une installation nucléaire de base (INB)

Exposition

Fait d'être exposé aux rayonnements ionisants (exposition externe si la source est située à l'extérieur de l'organisme, exposition interne si la source est située à l'intérieur de l'organisme)

F

Facteurs organisationnels et humains

Facteurs ayant une influence sur la performance humaine, tels que les compétences, l'environnement de travail, les caractéristiques des tâches et l'organisation

Fission

Eclatement du noyau d'un atome sous l'action de neutrons. Cette réaction est accompagnée d'une émission de neutrons, de rayonnements ionisants et d'un fort dégagement de chaleur.

H

Hexafluorure d'uranium (UF₆)

Composé de l'uranium utilisé dans l'étape d'enrichissement isotopique de l'uranium lors de la fabrication du combustible nucléaire

I

Indice de transport (IT)

Nombre désignant l'intensité de rayonnement (débit de dose - DD) la plus élevée, en mSv par heure (mSv/h), que l'on puisse mesurer à une distance de 1 m des surfaces externes du colis. Le nombre obtenu doit être multiplié par 100 et arrondi à la première décimale supérieure (par exemple, si le DD à 1 m est de 0,0113 mSv/h, l'IT = 1,2). Ce nombre figure sur les étiquettes des colis

Irradiation

Exposition, volontaire ou accidentelle, d'un organisme, d'une substance ou d'un corps à des rayonnements ionisants

Isotopes

Éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Ils ont le même nom et les mêmes propriétés chimiques mais des propriétés nucléaires (notamment une probabilité de fission ou une radioactivité) pouvant être différentes

L

Livre orange

Document contenant les recommandations de l'Organisation des nations unies (ONU) relatives au transport des marchandises dangereuses qui constituent les prescriptions de base pour un transport sûr des marchandises dangereuses par route, chemin de fer, voies de navigation intérieure, mer ou air, et qui servent de base aux instruments juridiques régulant le transport de ces marchandises par les différents modes de transport



M

Maintenance

Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un matériel dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé

Matière dangereuse

Substance qui peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou encore par la nature des réactions qu'elle est susceptible de provoquer. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive. Les matières dangereuses sont énumérées dans la liste des marchandises dangereuses des règlements du transport ou, si elles ne figurent pas sur cette liste, sont classées conformément aux réglementations internationales

Matière fissile

Substance constituée de radionucléides capable de fissionner

MELOX

Installation nucléaire du groupe AREVA dans laquelle est produit le combustible MOX pour des réacteurs nucléaires français et étrangers.

Modérateur

Matériau susceptible de ralentir les neutrons issus de la fission nucléaire

O

Opération de transport interne

Transport de marchandises dangereuses réalisé dans le périmètre d'une installation nucléaire de base à l'extérieur des bâtiments et des parcs d'entreposage ou opération concourant à sa sûreté y compris à l'intérieur des bâtiments et des parcs d'entreposage

P

Période radioactive

Temps nécessaire pour que la quantité d'atomes d'un élément radioactif ait diminué de moitié (période aussi appelée "demi-vie")

Plutonium

Élément chimique transuranien de numéro atomique 94 et de symbole Pu ; l'isotope 239 a une période radioactive de 24 110 ans

R

Radioactivité

Propriété de certains éléments chimiques dont les noyaux se désintègrent spontanément pour former d'autres éléments en émettant des rayonnements ionisants

Radioélément

Élément radioactif naturel ou artificiel

Radionucléide

Isotope radioactif d'un élément

Rayonnement ionisant

Ondes électromagnétiques (gamma) ou particules (alpha, bêta, neutrons) émis lors de la désintégration de radionucléides, qui produisent des ions en traversant la matière

Requérant

Entité sollicitant l'autorité de sûreté nucléaire pour l'obtention d'un agrément d'un modèle de colis

Retraitement

Traitement des combustibles usés pour en extraire les matières fissiles et fertiles (uranium et plutonium), de façon à permettre leur réutilisation et pour conditionner les différents déchets sous une forme apte au stockage



S

Sievert (Sv)

Unité qui permet de mesurer les effets biologiques produits par les rayonnements ionisants sur un organisme exposé (selon sa nature et les organes exposés) également appelés équivalent de dose.

Cette unité étant très grande, il est courant d'utiliser un sous-multiple du Sv, le milli sievert (mSv) = 10^{-3} Sv ou 1 millième de Sv.

Sources radioactives

Substances qui contiennent un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut pas être négligée du point de vue de la radioprotection

Substances radioactives

Substances contenant des radioéléments naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection

Sûreté nucléaire

Ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires ainsi qu'au transport des substances radioactives prises en vue de prévenir les accidents et d'en limiter les effets

T

TN International

Filiale du secteur Logistique du groupe AREVA spécialisée dans la conception d'emballages et le transport de substances radioactives

Transuraniens

Famille des éléments chimiques plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92) ; les principaux sont : Neptunium (93), Plutonium (94), Americium (95), Curium (96)

U

Uranium

Élément chimique de numéro atomique 92 et de symbole U, possédant trois isotopes naturels : l'uranium 234, l'uranium 235 et l'uranium 238. L'uranium 235 est le seul nucléide fissile naturel, une caractéristique qui explique son utilisation comme source d'énergie



Pour tout renseignement :
IRSN
Pôle Sûreté des Installations et Systèmes Nucléaires
BP 17 – 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Téléphone : 01.58.35.78.44
Télécopie : 01.58.35.79.73
Mail : irsn_rapports2014@irsn.fr

Le présent rapport est disponible sur internet à l'adresse suivante :
www.irsn.fr/bilan-transport-2012-2013

N° de rapport : IRSN/DG/2014-00002

Tous droits réservés IRSN
Novembre 2014

Conception graphique : Avantmidi
Impression : Cloître

