

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

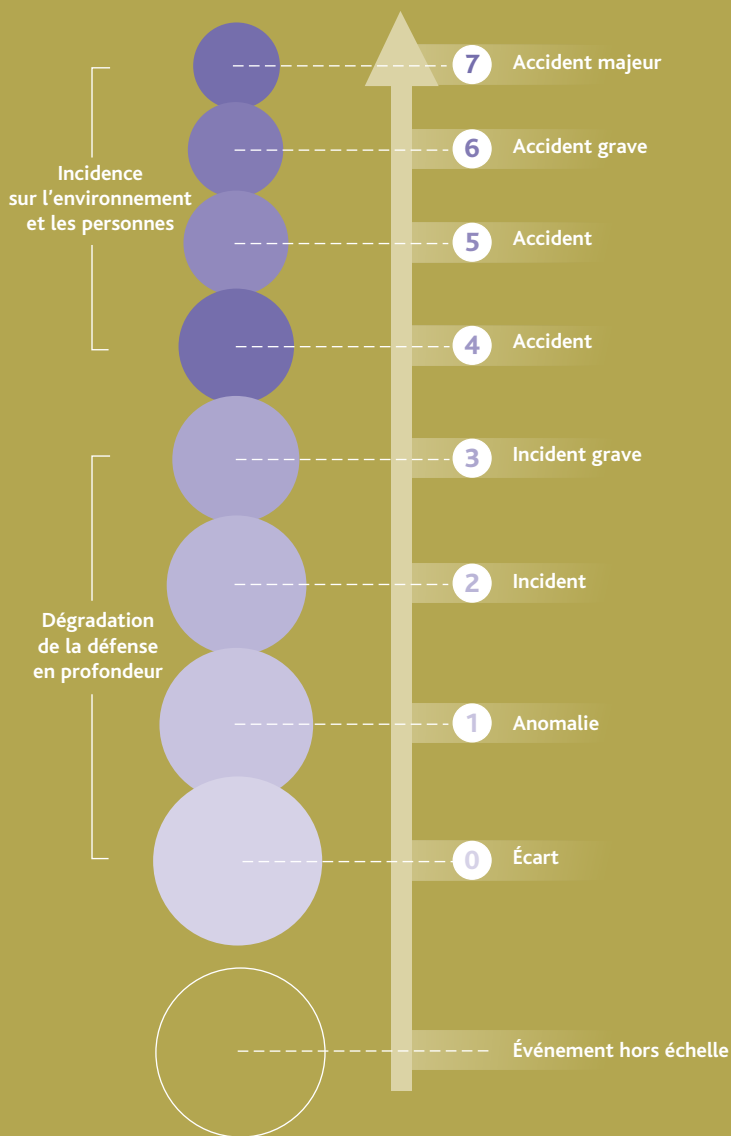
*Faire avancer la sûreté nucléaire*



## Le transport de matières radioactives

Les matières radioactives  
présentent des risques  
particuliers de transport  
car elles circulent  
au plus près du public.

# Échelle INES





## Que faut-il savoir sur le transport ?

- 1 ■ Pourquoi les transports de matières radioactives ? .....p. 2
- 2 ■ Les risques .....p. 4
- 3 ■ La sûreté des transports.....p. 6
- 4 ■ Les modes de transport.....p. 8
- 5 ■ Les incidents et accidents ..... p. 10
- 6 ■ Des colis adaptés aux risques ..... p. 14
- 7 ■ La réglementation : élaboration et application ..... p. 16

# 1

## Pourquoi les transports de matières radioactives ?

□ En France, environ 900 000 colis expédiés en 600 000 transports par an

Depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'uranium est transporté pour participer à la fabrication d'émaux et de porcelaines.

Avec la maîtrise des applications de la radioactivité artificielle et de l'énergie de fission, dans les années 1960, le volume de matières radioactives transportées s'est considérablement accru.

Le nombre de colis de matières radioactives transportés chaque année dans le monde, pour les

besoins de l'industrie, nucléaire ou non, du secteur médical et de la recherche scientifique est estimé à environ 10 millions, ce qui représente moins de 2 % de l'ensemble des colis de matières dangereuses transportés.



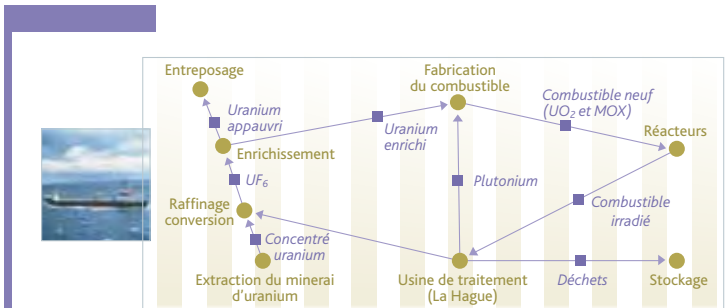
« Colis » de type B pour le transport de combustibles irradiés.

### □ Le cycle du combustible nucléaire

Chaque étape du cycle du combustible nucléaire nécessite le transport de matières radioactives, d'une installation à une autre.

Extrait de la mine, le minerai d'uranium est transformé en combustible nucléaire après

raffinage et enrichissement. Puis le combustible neuf est « consommé » dans les centrales nucléaires. Le combustible irradié est alors retraité pour fabriquer un nouveau combustible, le MOX, ou entreposé.



Cycle du combustible nucléaire.

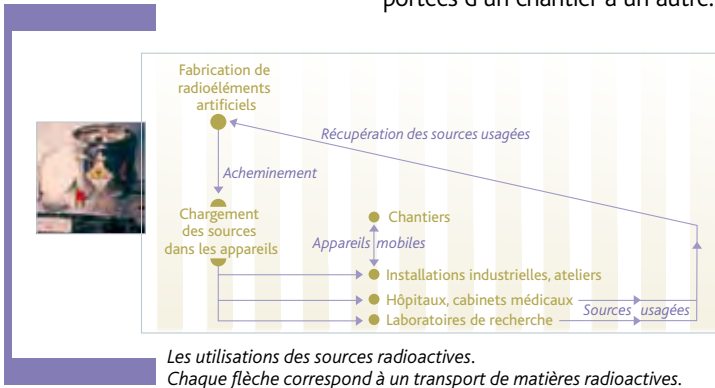
Chaque flèche correspond à un transport de matières radioactives.

## □ Les autres produits radioactifs

De nombreux produits radioactifs sont utilisés pour les besoins de l'industrie (mesures de niveau, densimètres, humidimètres, stérilisation, gammagraphie, etc.), de la médecine (radiologie, radiothérapie, stérilisation, etc.)

ou dans les laboratoires de recherche scientifique (datation, traçages, analyses non destructives, etc.).

Les sources radioactives scellées, utilisées pour les contrôles non destructifs, peuvent être transportées d'un chantier à un autre.



## □ Les flux

La masse des colis varie, toutes catégories confondues, de quelques grammes (flacons) à une centaine de tonnes (« châteaux »).

- 56 % des colis sont transportés pour réaliser des contrôles techniques tandis que 28 % sont destinés à un usage médical.

- 15 % concernent le cycle du combustible nucléaire : parmi ceux-ci, on dénombre 200 chargements annuels pour les combustibles neufs, 200 pour

les combustibles irradiés, une cinquantaine pour la poudre d'oxyde de plutonium et une vingtaine pour les combustibles MOX neufs qui constituent les transports les plus volumineux et les plus radioactifs.



Flacons contenant des traceurs radioactifs utilisés en médecine.



## Les risques

### □ L'irradiation

Les travailleurs et la population peuvent être exposés aux rayonnements émis.

Pour s'en prémunir, l'emballage doit offrir une protection

radiologique d'épaisseur adaptée à la nature et à l'intensité des rayonnements. Le principe ALARA doit aussi être mis en œuvre.

### □ La contamination

Le transfert de particules radioactives peut induire une irradiation des personnes soit interne, en cas d'ingestion ou d'inhalation, soit externe, en cas de

dépôt sur la peau ou sur le sol. Elle peut résulter soit d'une décontamination insuffisante de la surface du colis, soit d'une fuite de produits radioactifs.

### □ La criticité

Des conditions particulières de masse et de géométrie des matières fissiles peuvent amorcer une réaction en chaîne. L'émission intense de rayonnement gamma et de neutrons qui s'en-

suivrait, accompagnée le cas échéant d'un dégagement brutal d'énergie, pourrait conduire à l'irradiation de personnes et au relâchement de radioéléments dans l'environnement.

### □ Le vol ou le détournement

Certaines matières sensibles, comme le plutonium ou l'uranium enrichi, peuvent être détournées à des fins malveillantes dont il est nécessaire de se prémunir. Par exemple,

certaines véhicules sont spécialement équipés et suivis en temps réel à l'aide d'un système de positionnement par satellite (GPS) et escortés par la gendarmerie nationale.

### □ La pollution chimique

Certains colis peuvent présenter des risques de pollution chimique qui doivent être également pris

en compte dans les expertises de sûreté.

Par exemple, l'hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ), utilisé pour la fabrication du combustible, est très réactif avec l'humidité de l'air et pourrait former, en

cas d'accident, un nuage toxique d'acide fluorhydrique (HF) et d'oxyfluorure d'uranium ( $UO_2F_2$ ).



*Préserver la population et l'environnement des risques d'exposition.*

## La sûreté des transports

### Le concept de défense en profondeur

Pour faire face aux risques liés au transport de matières radioactives, le concept de « défense en profondeur » est appliqué. Il comprend trois composantes.

#### □ La robustesse des emballages

Les emballages sont conçus en tenant compte de situations accidentelles définies. Ils doivent être d'autant plus robustes que la radioactivité contenue est importante. Des essais sont effectués sur des spécimens représentatifs pour tester leur résistance aux accidents ; par exemple, pour le transport de combustibles irradiés ou d'oxyde de plutonium en colis de type B, on vérifie :

- la résistance aux chocs (48 km/h) ;

- la résistance à la perforation (chute sur une barre d'acier) ;
- la résistance à l'incendie (feu de 800 °C pendant 30 minutes) ;
- la résistance à l'immersion (sous 200 m d'eau).

L'autorité compétente française, pour les transports de matières radioactives à usage civil, est l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Elle contrôle la conformité de la conception des colis les plus radioactifs ou contenant des matières fissiles, avec l'appui technique de l'IRSN.



Colis de type A pour sources radiopharmaceutiques.



## □ La fiabilité des transports

Cette fiabilité exige que les opérations se déroulent dans le respect des règles prévues par le règlement pour le transport des marchandises dangereuses, spécifiques de chaque mode de transport.

Le marquage et l'étiquetage des colis et le placardage des véhicules informent des risques induits par le transport. Une documentation est mise à la

disposition de l'équipage du véhicule qui reçoit une formation appropriée. Un programme de radioprotection et un ensemble de règles techniques sont appliqués comme par exemple, les limites de regroupement des colis. Le respect de ces règles est contrôlé lors d'inspections organisées par l'ASN et ses divisions territoriales.

## □ L'intervention en cas d'incident ou d'accident

Un dispositif de gestion de crise est prévu dans le cas où un incident ou un accident surviendrait. Il vise à limiter les conséquences des incidents ou accidents et en particulier à mettre en place les mesures éventuellement nécessaires pour la protection du public. Il implique la disponibilité de plans d'urgence et la pratique périodique d'exercices de crise.

La mise en œuvre de ces plans est coordonnée par le préfet et fait intervenir à la fois les pouvoirs publics et les industriels :

- sapeurs-pompiers (Cellules mobiles d'intervention radiologique des départements ou CMIR) ;

- experts en radioprotection (IRSN, Commissariat à l'énergie atomique) ;

- experts en colis des industriels et de l'IRSN qui dispose d'un Centre technique de crise (CTC) pour conseiller les autorités sur les actions à entreprendre ;

- experts médicaux locaux (centres hospitaliers, etc.) ;

- ingénieurs de l'ASN et de ses divisions territoriales, qui peuvent participer aux cellules de crise locales mises en place par les préfets.

# 4

## Les modes de transport

### Une réglementation internationale

Deux principes servent de base à la réglementation internationale du transport de matières radioactives :

- l'expéditeur (et non le transporteur) est le premier responsable de la sûreté au cours du transport ;
- la sûreté repose sur le concept de défense en profondeur dont la première composante est la robustesse de l'emballage. Celle-ci doit être adaptée à la matière transportée et à des conditions prédéfinies d'accident de transport.

### Le mode de transport

Il est choisi en fonction des infrastructures existantes, des risques encourus, de la masse du colis, de l'activité et de la période de demi-vie de la matière radioactive, de la distance à parcourir, du nombre de manipulations nécessaires et des risques de vol ou de détournement.

#### □ Le chemin de fer

Moyen de transport très sûr pour les convois de fort gabarit, le rail est choisi en priorité pour les colis lourds ou encombrants, dès lors qu'il existe une liaison ferroviaire disponible.

Par exemple, la quasi-totalité du combustible irradié destiné au retraitement est transporté par chemin de fer



*Wagons spécialisés pour le transport du combustible irradié.*

jusqu'à Valognes, puis par route jusqu'à l'usine de La Hague.

#### □ La route

La route est le moyen le plus souple pour transporter des matières radioactives. Cependant,

le transport est soumis à des règles spécifiques générales ou locales de circulation et de

stationnement, pour éviter l'encombrement du réseau routier, notamment en période de forte affluence et dans les zones

d'habitation. La plupart des colis de produits pharmaceutiques et de sources médicales sont livrés par route aux hôpitaux.

## □ La mer

Le transport maritime représente 4 % de la totalité des transports de matières radioactives. Par exemple, les navires utilisés pour le transport vers le Japon de combustible MOX sont conçus selon des prescriptions de l'Organisation maritime internationale : ils doivent être équipés de dispositifs spéciaux et redondants comme une double coque, des systèmes de détection et d'ex-



Chargement d'un navire utilisé pour les transports entre la France et le Japon.

tinction d'incendie et des radars anti-collision. Ils sont agréés par les autorités.

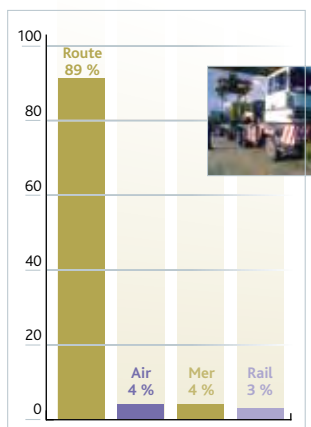
## □ L'air

L'avion est très utilisé pour les colis urgents de petite taille sur de longues distances, par exemple les produits radiopharmaceutiques à courte durée de vie.

### UN CAS PARTICULIER

#### La voie postale

*Seuls les colis de matières de très faible activité peuvent être acheminés par les services postaux nationaux ou internationaux.*



Histogrammes des modes de transport.

# 5

## Les incidents et accidents

À ce jour en France, on dénombre, en moyenne, un à deux accidents de transport par an ayant entraîné un relâchement de radioactivité dans l'environnement. Ces accidents ont eu des conséquences limitées sur la santé de l'homme comme sur l'environnement. Dans les cas les plus graves survenus en France, de faibles contaminations ont été détectées et ont pu être traitées par des opérations ponctuelles de décontamination.

### Liste des incidents et accidents significatifs survenus sur le territoire français ou engageant la responsabilité des expéditeurs français.

#### *Septembre 1983* ■ Montpellier

Collision en gare entre un train et un chariot à bagages chargé de colis de type A à usage médical. Le ballast a été contaminé et rapidement nettoyé. Aucune personne n'a été contaminée.

#### *Août 1984* ■ Mer du Nord

Naufrage du cargo MontLouis transportant des « cylindres » d'hexafluorure d'uranium  $UF_6$  près des côtes belges. Tous les conteneurs ont été récupérés. Des défauts d'étanchéité ont été

détectés, entraînant la dilution dans la mer de quelques kilogrammes d'hexafluorure d'uranium sans conséquence notable sur le public ni sur l'environnement.

#### *Juin 1987* ■ Lailly-en-Val

Accident d'un semi-remorque transportant un colis contenant des combustibles irradiés. La remorque a été déportée dans le fossé ; le colis a basculé et s'est enlisé partiellement dans le sol meuble du bas-côté. Le colis a été récupéré après une trentaine



Récupération d'un « cylindre » d' $UF_6$  après le naufrage du MontLouis.



Colis partiellement enlisé après l'accident de Lailly-en-Val.

d'heures. La chute n'a pas affecté l'étanchéité du colis et n'a pas occasionné de dommages.

### *Juillet 1990* ■ **Saclay**

Ouverture d'un colis contenant un flacon d'iode 131 à usage médical, brisé lors du transport. Le réceptionniste a été contaminé. Il a reçu une dose à la thyroïde estimée à 0,6 mSv.

### *Novembre 1991* ■ **Cherbourg**

Rupture d'un engin de levage et chute d'un colis contenant des combustibles irradiés sur un navire à quai. Seuls des dommages superficiels ont été constatés sans conséquence radiologique.

### *Mars 1996* ■ **Le Havre**

Décrochage d'un « cylindre » d'hexafluorure d'uranium suspendu à un engin de levage, et chute du « cylindre » sur un autre « cylindre » encore dans la cale du navire à quai. Les « cylindres » ont subi quelques déformations sans conséquence sur le confinement de la matière. Leur acheminement a pu se poursuivre après expertise de l'IRSN.

### *Février 1997* ■ **Apach**

Déraillement en gare de triage d'un convoi de trois wagons transportant des colis de combustibles irradiés en provenance d'Allemagne. Seuls la voie et les essieux et tampons d'un wagon ont été endommagés.

### *Novembre 1997* ■ **Les Açores**

Le navire MSC-Carla a coulé au large des Açores, avec à son bord trois irradiateurs contenant des sources fortement radioactives ; ces irradiateurs, fabriqués en France, étaient destinés à un hôpital de Boston (USA). Les estimations ont montré que, du fait de la grande profondeur d'immersion (environ 3 000 m), l'effet de dilution, après dégradation des sources radioactives par corrosion, limiterait les risques d'exposition des populations consommant des produits de la pêche. Les doses calculées étaient au maximum de  $5 \cdot 10^{-9}$  mSv/an.

### *Janvier 1998* ■ **Les Adrets**

Des colis de solution d'iode ont été écrasés dans la camionnette qui les transportait, lors d'un accident sur l'autoroute A8. L'asphalte contaminé a été enlevé.

---

### *Printemps 1998* ■ **Valognes**

De nombreux cas de contamination supérieure aux normes ont été mis en évidence sur des emballages et des wagons de transport de combustibles irradiés provenant de centrales nucléaires et destinés à l'usine de retraitement de La Hague. Les doses dues à la contamination pour les travailleurs et la population, sont restées inférieures à 1 mSv, même pour des scénarii très pessimistes d'exposition. Néanmoins, des méthodes plus rigoureuses de décontamination et de contrôle ont été mises en œuvre, dans les centrales nucléaires, pour éviter de tels dépassements des normes de contamination.

### *Octobre 1999* ■ **Langres**

Un camion transportant 900 détecteurs de fumée contenant des sources d'américium, a été entièrement détruit par un incendie sur l'autoroute A31. Une contamination du bas-côté sur une surface de 1 m<sup>2</sup> a été enregistrée et un échantillon de terre prélevée présentait une activité de 3 700 Bq/kg. Le chauffeur, les gendarmes et les pompiers, soit au total 40 personnes présentes sur les lieux de l'incendie, ont fait l'objet d'analyses pour vérifier qu'elles n'avaient pas été contaminées. L'événement a été classé au

niveau 1 de l'échelle de gravité « INES - Transport ».

### *Décembre 2001* ■ **Roissy**

Fuite de rayonnements détectée à la Nouvelle Orléans par un chauffeur qui conduisait un colis en provenance de la Suède via un transit à l'aéroport de Roissy (Paris). Le chargement comprenait 1 000 pastilles d'iridium 192 d'une activité totale de 366 TBq réparties dans trois étuis et destinées à un usage industriel de type radiographie. L'ouverture du colis a montré une erreur de conditionnement : les couvercles de deux des trois étuis, étaient dévissés, de nombreuses pastilles s'étaient échappées des étuis en position horizontale au cours du transport et s'étaient répandues dans le jeu autour du bouchon et du colis. Des prélèvements sanguins effectués sur plusieurs opérateurs de Roissy ont permis de suggérer sur un des opérateurs une exposition récente et une ou des exposition(s) plus ancienne(s). Des examens complémentaires ont révélé que l'un des employés aurait reçu une dose pouvant aller jusqu'à 100 mSv. Les autorités suédoises ont classé l'accident au niveau 3 de l'échelle INES.

---

## Août 2002 ■ Roissy

Chute et écrasement d'un colis de type A sur une portion de route interne à l'aéroport en zone réservée. Le colis, chargé de 5 GBq d'iode 131, sous forme de poudre dans une gélule, est tombé du camion qui l'acheminait vers l'avion. Après sa chute, le colis a vraisemblablement été écrasé par les véhicules suivants ; il s'est ensuivi une perte du confinement et une dispersion de matière radioactive sur la route. Les mesures radiologiques ont confirmé la présence de taches de contamination très localisées avec un débit de dose de 0,1 à 0,2 mGy/h au contact. Un périmètre de sécurité a été établi autour de la zone contaminée. La période radioactive de l'iode 131 (8 jours) et les premiers résultats de mesure enregistrés indiquent que les débits de dose les plus élevés devaient revenir à la normale dans un délai de huit à dix semaines maximum.

## Avril 2007 ■ Route Nationale 4

Une camionnette transportant un colis de type B chargé d'une source de césium de forte activité a subi une collision sévère suivie d'un feu de forte intensité. Une équipe de l'IRSN a été dépêchée pour vérifier l'état du colis et le mettre en lieu sûr. Toute la

boulonnerie du colis avait été desserrée sous l'effet de la chaleur mais la protection contre les rayonnements n'était pas dégradée. La matière radioactive est restée complètement confinée dans le colis.

### L'ÉCHELLE DE GRAVITÉ INES ADAPTÉE AUX TRANSPORTS DE MATIÈRES RADIOACTIVES

*Pour faciliter la compréhension des incidents et accidents de transport, une échelle de gravité a été mise au point par l'Autorité de sûreté nucléaire et l'IRSN.*

*Elle s'inspire de l'échelle internationale de gravité des événements nucléaires « INES » adoptée par l'AIEA.*

*À la suite de l'avis favorable du Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires, elle a été mise en application le 1<sup>er</sup> octobre 1999.*

*L'AIEA a ensuite précisé les modalités d'application de l'échelle INES aux événements de transport.*

## Des colis adaptés aux risques



*Essai de chute d'un prototype de cylindre 30B avec sa coque de protection.*

Les emballages sont conçus pour que les risques radiologiques associés aux matières transportées soient maîtrisés en situation normale et lors des situations accidentelles de transport définies par la réglementation. Des spécimens d'emballages sont soumis, le cas échéant, à des épreuves destinées à démontrer leur résistance. Ces épreuves sont d'autant plus sévères que les risques sont élevés.

Les colis\* sont classés en quatre grandes catégories. Des règles supplémentaires s'appliquent lorsque les colis sont chargés de matière fissile, à l'égard du risque de criticité.

### □ Les colis exceptés

- radioactivité très faible ;
- produits radiopharmaceutiques et petites sources pour l'industrie, la radiologie, la recherche,
- analyseurs de plombs ;
- pas de conditions de résistance particulières ;
- 400 000 colis par an.

### □ Les colis industriels

- radioactivité moyenne ou faible ;
- minerai, concentré ou composé d'uranium, déchets faiblement radioactifs envoyés dans un centre de stockage de surface (gants, chiffons, seringues, etc.) ;
- résistance à une chute de hauteur maximale 1,2 m, variable selon la masse du colis ;
- épreuve de gerbage (empilement de colis) ;
- pour les colis industriels qui contiennent des matières fissiles : résistance à des chocs à



*Transport de déchets en colis industriels.*

- 48 km/h sur cible indéformable\*\* et soumission à l'agrément de l'ASN après expertise technique de l'IRSN ;
- 100 000 colis par an.



## □ Les colis de type A

- radioactivité moyenne ;
- combustibles nucléaires neufs, sources à usage thérapeutique, appareils de contrôle de densité et d'humidité des sols ;
- épreuve d'aspersion d'eau simulant une forte pluie ;
- résistance à une chute de hauteur maximale 1,2 m pour les colis conçus pour des matières solides, et de 9 m pour les colis conçus pour des liquides ou des gaz ;
- épreuve de pénétration par

une barre de 6 kg lâchée d'une hauteur de 1 m pour les colis conçus pour les matières solides et de 1,7 m pour les colis conçus pour les solides et les gaz ;

- pour les colis de type A qui contiennent des matières fissiles : résistance à des chocs à 48 km/h (chute de 9 m) sur cible indéformable\*\* et soumission à l'agrément de l'ASN après expertise technique de l'IRSN ;
- 300 000 colis par an.

## □ Les colis de type B

- radioactivité forte ;
- combustibles irradiés, sources fortement radioactives, plutonium, déchets radioactifs vitrifiés, appareils de contrôle de soudure par gammagraphie ;
- résistance à des chocs à 48 km/h (chute de 9 m) sur cible indéformable\*\* ou résistance à la chute d'une plaque de 500 kg et de 1 m pour les colis de moins de 500 kg ;
- résistance à une chute sur poinçon d'une hauteur de 1 m ;
- tenue à un feu de 800 °C pendant 30 minutes ;
- résistance à l'immersion jusqu'à 200 m pour les colis les plus radioactifs ;
- soumission à l'agrément de



*Chargement d'un colis de type B contenant des déchets vitrifiés.*

l'ASN après expertise technique de l'IRSN ;

- 60 000 colis par an.

\* Un colis est composé du contenu (matières radioactives) et du contenant (emballage plus ou moins complexe).

\*\* En cas de choc en cours de transport, les structures qui heurtent les colis sont en général déformables, ce qui rend la plupart des accidents moins sévères que l'épreuve de résistance à un choc à 48 km/h sur cible indéformable.

# 7

## La réglementation : élaboration et application

### Au plan international

#### □ Les recommandations techniques de l'AIEA

Les pays qui utilisent des matières radioactives sont, pour la plupart, membres de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA). Celle-ci élabore des recommandations, ayant pour but de protéger les personnes et l'environnement des effets des rayonnements pendant le transport.

L'AIEA recommande pour les colis, selon leur type, des performances minimales visant à garantir la protection contre les rayonnements et le confinement des matières et à éviter que les conditions nécessaires à une réaction en chaîne ne soient réunies.

Les recommandations de l'AIEA sont ensuite transposées dans les réglementations nationales.

Par exemple, les recommandations de l'AIEA sont à l'origine des critères adoptés par la réglementation française en matière de contamination des systèmes de transport. Ainsi, les surfaces accessibles du colis



*Atoms for Peace: The First Half Century  
1957–2007*

et des moyens de transport ne doivent pas dépasser :

- 4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité,
- 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les autres émetteurs alpha.

## En France

### □ Le contrôle de la sûreté des transports civils par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

L'ASN est en charge du contrôle de la sûreté des transports de matières radioactives à usage civil. Elle contrôle le respect de la réglementation et doit donner son agrément aux nouveaux modèles de colis de type B ou chargés de matières fissiles, avant que ceux-ci ne soient utilisés sur la voie publique.



*Pour le contrôle du transport des matières radioactives intéressant la défense, l'autorité compétente est le Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités intéressant la Défense (DSND).*

### □ Le contrôle de la protection physique des transports sensibles

Le contrôle contre les actions de malveillance est placé sous la responsabilité du Haut Fonc-

tionnaire de Défense et de Sécurité auprès du ministre chargé de l'Énergie.



*Des réglementations internationales homogènes facilitent le transport international.*

## □ Le rôle de l'IRSN

L'IRSN contribue au contrôle de la sûreté des transports de matières radioactives, en réalisant les expertises techniques des dossiers de sûreté des colis (une centaine de dossiers par an), en support à la délivrance des agréments par l'ASN. Par ailleurs, l'IRSN participe à la gestion des risques liés aux transports par ses travaux de recherche sur la sûreté et la protection physique. L'Institut participe à l'élaboration

des recommandations internationales sous l'égide de l'AIEA et organise des formations à la réglementation.

Il participe également aux inspections effectuées par l'ASN et à l'organisation de crise mise en œuvre en cas d'accident de transport. Enfin, les transports des matières les plus sensibles sont suivis en temps réel par l'IRSN.



*La résistance des tourillons de maintenance des colis a été expertisée par l'IRSN.*

Au titre des études et recherches menées par l'IRSN dans ce domaine, on peut citer les programmes « TÉNÉRIFE » et « PEECHEUR ».

### ■ Le programme TÉNÉRIFE

Comment se comportent les colis d' $UF_6$  dans un feu violent ? Des protections thermiques sont-elles nécessaires ?

L'exploitation des résultats des six simulations de tenue au feu du programme TÉNÉRIFE permet de répondre à ces questions.



Four de l'expérience TÉNÉRIFE à l'ouverture de son enceinte de protection.

### ■ Le programme PEECHEUR

Il a permis de comprendre comment des emballages surchauffés se rompent sous la pression de l' $UF_6$  gazeux.



Dispositif de chauffage et de pressurisation d'un cylindre de transport d' $UF_6$ .

## □ Glossaire

### Becquerel par centimètre carré (Bq/cm<sup>2</sup>) :

Le becquerel est l'unité de mesure de la radioactivité. Il correspond à une désintégration par seconde, quelle que soit la nature de rayonnement émis (alpha, bêta, gamma ou neutron).

### Combustible nucléaire

Matière fissile (capable de subir des réactions de fission) utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Après son utilisation dans un réacteur nucléaire, le combustible est dit « irradié ».

### Échelle INES

L'échelle INES a été mise en application au plan international en 1991. Elle couvre les événements nucléaires se produisant dans toutes les installations nucléaires civiles et pendant le transport des matières radioactives en provenance ou à destination de ces installations. En France, cette échelle est utilisée pour les installations nucléaires de base depuis 1994 et pour les transports depuis 1999.

### mGy

Milligray - Unité de dose de rayonnement absorbée du système international.

### mSv

Millisievert - Unité d'équivalent de dose du système international.

### MOX

Combustible à base d'oxydes d'uranium et de plutonium.

### Principe ALARA

Le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) est appliqué aux transports : selon ce principe, les doses d'exposition reçues par les travailleurs et le public lors des transports doivent être maintenues « au niveau aussi bas que raisonnablement possible ».

### Radioactivité

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

**Crédits photos** : Couvertures / AREVA / JEZEQUEL (SIDNEY) ■ P.2 haut / AREVA ■ P.2 bas / IRSN ■ P.3 haut / CIS-BIO ■ P.3 bas / IRSN ■ P.5 / Thomas Gogny ■ P. 6 / CIS-BIO ■ P.8 / TN ■ P.9 / IRSN ■ P.10-11 / IRSN ■ P.14 -15 / AREVA ■ P.17-18 / AREVA COGEMA Jean-Marie Taillat ■ P.19 / IRSN

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire est en charge de l'évaluation scientifique du risque nucléaire et radiologique. Établissement public de l'état à caractère industriel et commercial (EPIC), l'IRSN exerce des missions de recherche et d'expertise au service des autorités et de la société. Organisme de référence en France et à l'international, il rassemble plus de 1 700 personnes qui couvrent des disciplines diverses depuis les sciences de la vie jusqu'à la physique nucléaire. Il conduit des recherches et des expertises dans ces domaines d'application :

- la protection de l'homme et de l'environnement contre les risques liés aux rayonnements ionisants ;
- la sûreté des installations et du transport de matières radioactives ainsi que leur protection contre les actes de malveillance ;
- le contrôle des matières nucléaires et des produits pouvant concourir à la fabrication d'armes ;
- la gestion de crise.

Il contribue également à l'information du public.



## Le transport de matières radioactives

Phase sensible du cycle du combustible, le transport des matières radioactives fait l'objet d'une attention toute particulière des pouvoirs publics.

Cette brochure présente la démarche de défense en profondeur qui doit être adoptée en vue d'assurer la sûreté de ces transports.



Système de management  
de la qualité IRSN certifié

**IRSN**  
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

**Siège social**  
31, avenue de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**Téléphone**  
+33 (0)1 58 35 88 88

**Courrier**  
B.P. 17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

**Site Internet**  
[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)