



Transport des matières dangereuses - radioactives

Kah-Fah CHONG, Katarzyna GRZYB, Jasmine BENHADDU,
Embarek ZIANI

Master 2 QESI 2007-2008

Sommaire

1. Introduction	3
2. Définitions	
(a) La définition scientifique	4
(b) La définition communautaire et du projet de loi	5
3. Réglementations	
(a) Apparition de la réglementation	5
(b) Norme internationale ISO	7
(c) Règlements en France	8
6. Matières radioactives – les raisons pour les transporter	11
7. Dangers de transport des matières radioactives	12
8. Accidents de transport des matières radioactives	
(a) Exemples des événements marquants	14
(b) L'échelle INES	16
9. Solutions pour la prévention et la protection	18
10. Information publique	21
11. Conclusion	22

1. Introduction [1]

L'utilisation des matières radioactives dans de nombreuses activités industrielles, et notamment pour l'énergie nucléaire, nécessite le transport de ces matières aux différentes étapes de leur utilisation, depuis les premiers produits tirés du minerai jusqu'à la fabrication puis l'utilisation et finalement la mise aux déchets des résidus.

Tous ces mouvements effectués par route, rail, air, mer créent inévitablement un risque d'accident. C'est pourquoi les matières radioactives sont conditionnées dans des emballages de transport formant un colis dont la résistance est telle que la quantité de matière qui pourrait s'échapper ne constituerait pas un accident radioactif sérieux. La règle prise en compte est :

"Plus le risque présenté par la matière est grand, plus le colis est solide".

Bien que le transport de matières radioactives soit un sujet de l'actualité médiatique et écologique, les premiers transports sont apparus au 19^{ème} siècle avec l'usage du minerai d'aluminium dans le processus de fabrication des porcelaines et autres articles émaillés.

Devenu, au fil du temps, une **activité nucléaire** à part entière, nous trouvons à partir des années 1950, avec la mise en œuvre industrielle, à grande échelle, des applications de la radioactivité artificielle, les premiers éléments d'organisation et de réglementation de ce type de transport. Ce nouveau "métier" de "**transporteur du nucléaire**" s'est développé en fonction de l'usage des matières, notamment :

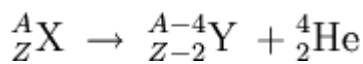
- Le transport des radio-isotopes destinés à la recherche scientifique, à la médecine, à l'industrie ;
- Le transport des matières radioactives entre les différentes étapes du cycle du combustible nucléaire (mines, installations de conversion, d'enrichissement, de fabrication de combustible, réacteurs nucléaires, usines de retraitement et de recyclage, stockages).

2. Définitions

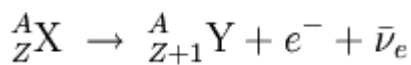
2. (a) La définition scientifique [2]

Un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se désintègrent en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers, pour se transmuter en des noyaux atomiques plus stables. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas, des *rayons* α , des *rayons* β ou des *rayons* γ .

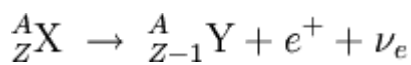
On parle de **radioactivité alpha** (α) pour désigner l'émission d'un noyau d'hélium ou *hélium* :



La **radioactivité bêta moins** (β^-) affecte les nucléides X présentant un excès de neutrons. Elle se manifeste par la transformation dans le noyau d'un neutron en proton, le phénomène s'accompagnant de l'émission d'un électron (ou *particule bêta moins*) et d'un antineutrino électronique $\bar{\nu}$:



La **radioactivité bêta plus** (β^+) ne concerne que des nucléides qui présentent un excès de protons. Elle se manifeste par la transformation dans le noyau d'un proton en neutron, le phénomène s'accompagnant de l'émission d'un positon (ou *positron*, ou encore *particule bêta plus*) et d'un neutrino électronique ν :



Les désintégrations α , β^- et β^+ sont toujours accompagnées de l'émission de photons de haute énergie ou *rayons gamma*, dont les longueurs d'onde sont généralement encore plus courtes que celles des rayons X, étant de l'ordre de 10^{-9} m ou inférieures. Cette **émission gamma** (γ) résulte de l'émission de photons lors de transitions électroniques à partir de niveaux d'énergie excités avec des énergies mises en jeu de l'ordre du MeV.

Les rayonnements α , β et γ produits par la radioactivité sont des rayonnements ionisants qui interagissent avec la matière en provoquant une ionisation. L'irradiation d'un organisme

entraîne des effets qui peuvent être plus ou moins néfastes pour la santé, selon les doses de radiation reçues et le type de rayonnement concerné.

2. (b) La définition communautaire et du projet de loi [3]

La *directive 96/26 Euratom du Conseil du 13 mai 1996* définit les substances radioactives comme « toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligé du point de vue de la radioprotection ».

Le fait que l'*article 3 du projet de loi* propose que ces substances doivent « justifier » un contrôle de radioprotection et non seulement « ne pas pouvoir être négligé » pourrait conduire à penser que la rédaction proposée est légèrement plus stricte que la définition internationale. Cette nuance apparaît toutefois négligeable dans la mesure où le contrôle de la radioprotection constitue la mise en œuvre concrète de l'existence d'une radioactivité « non négligeable ».

3. Réglementations

3. (a) Apparition de la réglementation [4], [5], [6]

Au niveau international, plus précisément au niveau du Conseil Economique et Social de l'**Organisation des Nations Unies (ONU)**, un comité d'experts publie les premières recommandations qui serviront de base aux règlements nationaux et internationaux des transports des matières dangereuses dans le « *Livre Orange* » en 1957.

Ces marchandises dangereuses sont répertoriées en plusieurs classes et les matières radioactives font partie de la classe 7.

Classification des matières dangereuses :

1 : Matières et objets explosibles

2: Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous

3: Liquides inflammables

4: Solides inflammables

5: Matières comburantes

6: matières toxiques et infectieuses



7 : Matières radioactives

8 : Matières corrosives

9: Matières dangereuses diverses

A cette époque, l'**Agence Internationale à l'Energie Atomique (A.I.E.A.)** élabore les premières recommandations à caractère international pour garantir la sûreté du transport des matières radioactives. Pour en savoir plus : *Règlement de transport des matières radioactives, Collection Normes de sûreté N° TS-R-1, édition de 1996 (révisée)*.

Les dispositions de ces recommandations sont ensuite transposées dans les réglementations nationales de chaque état relatifs à leur mode de transport, soit:

- **Les transports par air** : L'**Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I.)**, à Montréal, qui émet « *International Air Transport Association Code* » (*IATA*).
- **Les transports par mer** : L'**Organisation Maritime Internationale (O.M.I.)**, à Londres, qui émet le « *International Maritime Dangerous Goods Code* » (*IMDG*).
- **Les transports par route** : La **Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE/ONU)**, à Genève, qui émet l'*Accord européen relatif aux transports internationaux des marchandises Dangereuses par Route (A.D.R.)*.
- **Les transports ferroviaires** : L'**Organisation intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaires(OTIF)**, à Berne, qui émet le *Règlement européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie ferrée (R.I.D.)*.

L'expéditeur et non le transporteur est responsable de la sûreté au cours du transport des matières radioactives. La sûreté de transports de ces matières repose sur les principes suivants :

- La sûreté des colis est adaptée à son contenu radioactif en toutes circonstances au cours du transport, de telle sorte que la sécurité des travailleurs et de la population soit garantie ;
- La limitation du contenu radioactif des colis ;
- Le respect des limites de doses, fixées par la réglementation, aussi bien dans les conditions normales de transport que dans les conditions accidentelles.

Les règlements imposés pour, garantir la sûreté de transports et la limitation de risques, permettent d'assurer :

- Le confinement du conteneur radioactif ;
- La maîtrise de la quantité et de la nature de matière ainsi que sa disposition dans un volume donné ;
- Le nombre de colis admissible par chargement ;
- La protection des dommages causés par la chaleur ou les chutes, et lorsqu'il s'agit de matières fissiles ;
- La distance entre les colis et l'immersion.

Les différents types de colis adaptés aux risques sont :

- Colis exceptés : radioactivités très faible, inférieur à 10^{-3} A1 ou 10^{-3} A2
- Colis industriels : radioactivités moyenne/faible, inférieur à $2 \cdot 10^{-3}$ A1 ou $2 \cdot 10^{-3}$ A2
- Colis de type A : radioactivité moyenne, inférieur à A1 ou A2
- Colis de type B : radioactivité forte, supérieur à A1 ou A2

Nota : A1 caractérise les matières sous forme spéciale, caractérisée par l'absence de risque de dispersion ; A2 caractérise les autres cas.

3. (b) Norme internationale ISO [7]

Le dispositif des mesures visant à contrecarrer les trafics illicites de matières radioactives est renforcé par une nouvelle Norme internationale ISO relative aux instruments utilisés en détection et surveillance aux frontières et autres points de contrôle où les personnes et marchandises sont contrôlées.

Publiée par l'**Organisation internationale de normalisation (ISO)**, la norme *ISO 22188:2004, Surveillance des mouvements non déclarés et des trafics illicites de matière radioactive*, permettra d'utiliser plus efficacement les équipements servant à identifier les substances radioactives, et offrira aux pays une base technique commune pour créer, à leurs frontières, les activités de surveillance qui aideront à détecter et à contrecarrer les trafics illicites de matières radioactives, et à faciliter la communication entre ces pays sur ces questions.

Un avantage majeur est le renforcement de la communication à travers les frontières. Un autre aspect est que si de tels dispositifs fonctionnent conformément à l'*ISO 22188*, il est possible d'intercepter le mouvement non autorisé de matières radioactives à des points de contrôle comme les frontières."

L'*ISO 22188:2004* donne des lignes directrices sur l'utilisation des instruments fixes et portables (par exemple manuels) pour surveiller les matières radioactives, mais couvre également des aspects opérationnels comme les techniques de recherche, la localisation et l'identification possible de substances radioactives aux points de contrôle frontaliers - postes frontaliers terrestres, ports maritimes, aéroports et autres points où les marchandises ou les personnes font l'objet d'une vérification.

3. (c) Règlements en France [5], [8]

La réglementation du transport/stockage des matières radioactives (classe 7) relève de la compétence de l'**Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)**.

L'ASN, Autorité administrative indépendante créée par la *loi n° 2006-686 du 13 juin 2006* relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, dite *loi TSN du 13 juin 2006*, est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France.

L'ASN assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés aux activités nucléaires.

Le changement de statut, en juin 2006, de l'ASN en Autorité administrative indépendante ne modifie pas fondamentalement le périmètre et le contenu des missions jusqu'à alors exercées

par la **Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR)** et les **Divisions de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DSNR)**.

Les missions de l'ASN s'articulent autour de trois domaines:

- **La réglementation** : l'ASN est chargée de contribuer à l'élaboration de la réglementation, en donnant son avis au Gouvernement sur les projets de décrets et d'arrêtés ministériels ou en prenant des décisions réglementaires à caractère technique ;
- **Le contrôle** : l'ASN est chargée de vérifier le respect des règles et des prescriptions auxquelles sont soumises les installations ou activités qu'elle contrôle ;
- **L'information du public** : l'ASN est chargée de participer à l'information du public, y compris en cas de situation d'urgence.

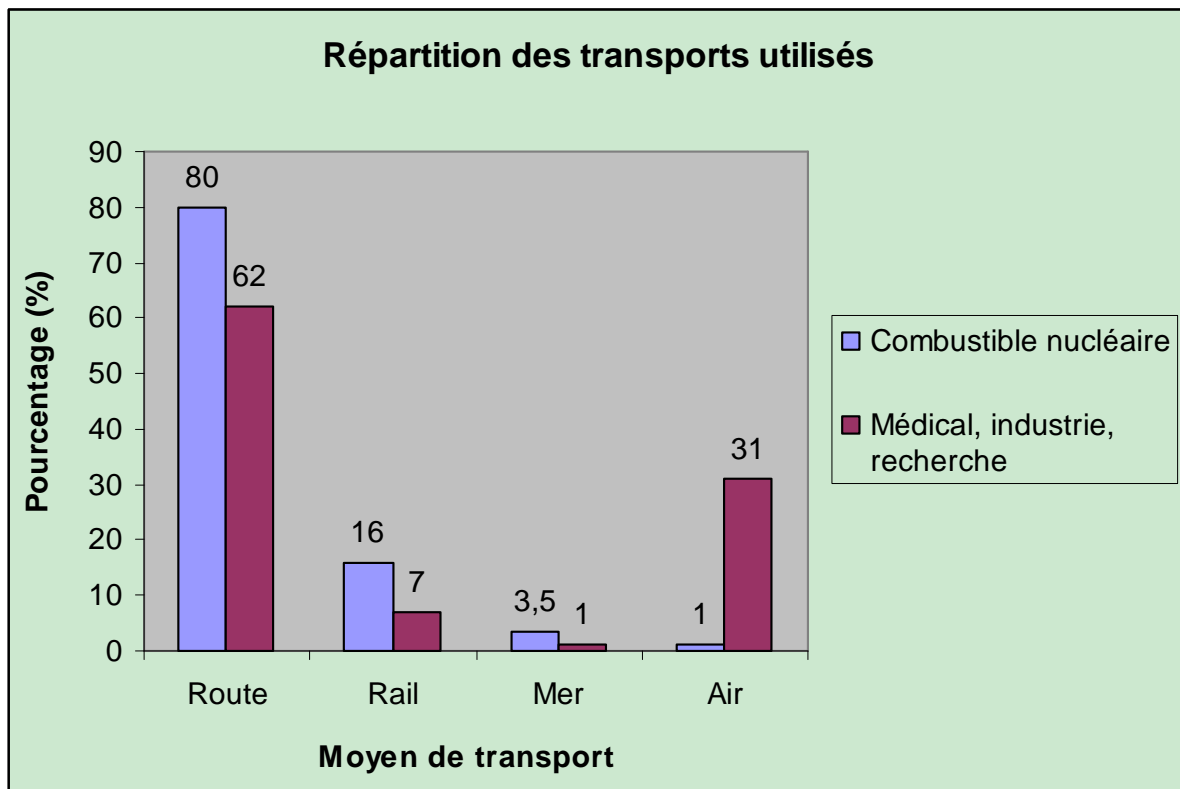
La DGSNR est en charge du contrôle de la sûreté des transports civils de matières radioactives. Elle contrôle le respect de la réglementation et doit donner son agrément aux nouveaux modèles de colis de type B ou chargés de matières fissiles, avant que ceux-ci ne soient pas utilisés sur la voie publique.

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), contrôle de la sûreté des transports civils, en réalisant les expertises techniques des dossiers, en support à la délivrance des agréments par la DGSNR. 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. Il pratique également à l'élaboration des recommandations internationales sous l'égide de l'AIEA et organise des formations à la réglementation.

Les réglementations françaises applicables dans ce domaine sont également :

- Code du Travail avec ses applications concernant le chargement et le déchargement des marchandises ;
- Code de la Route avec ses interdictions de circulation ;
- Réglementations de protection de l'environnement (loi sur l'eau, prévention des risques, etc.).

Les gares de tirages et les autres installations de stationnement et de transit au sein des ports maritimes et intérieurs et des centres d'exploitation des transporteurs routiers sont soumises aux réglementations relatives à l'urbanisme, *Plan Locaux d'Urbanisme (PLU)* pour l'obtention des permis de construire, et à l'environnement, *loi sur l'eau*, mais ne sont pas soumises à la *directive SEVESO* ou à la *réglementation ICPE* dans la mesure où le risque varie constamment en fonction des classes de marchandises réellement traitées, a contrario des sites de production ou de stockage, sur lesquelles le risque est plus facile à identifier.



Répartition des transports utilisés en France pour le transport des matières radioactives dans le domaine nucléaire et médical/industrie/recherche

6. Matières radioactives – les raisons pour les transporter [9], [10], [11], [14], [16], [19]

Transport de matières dangereuses radioactives représente moins de 2% des matières dangereuses transportées dans le monde. Ils intéressent aussi bien les industries médicale, agricole, alimentaire, le bâtiment ou la recherche que le programme électronucléaire. Les matières radioactives font évidemment l'objet d'une attention très particulière.

En France, chaque année, circulent environ 400 000 colis de matières radioactives ou dans 70% des cas des colis de ce type prennent la route, les autres circulent par l'air, le rail ou la mer pour arriver à destination.

Les matières transportées concernent en gros deux types d'activités :

Le cycle de combustible (1/3 de colis transportés) :

Cette activité industrielle constitue la part importante des transports radioactifs, surtout en ce qui concerne le niveau de radioactivité des colis. Les matières transportées proviennent de toutes les étapes du cycle du combustible, depuis le minerai d'uranium jusqu'au combustibles usés des réacteurs nucléaires et aux déchets radioactifs lorsque ceux-ci sont destinés à rejoindre le site de stockage. Bien évidemment, ce sont les combustibles usés qui, concentrant une très forte radioactivité, doivent être l'objet des dispositions de sécurité les plus importantes, alors que des mesures de protection contre le détournement doivent être prises en ce qui concerne le transport de matériaux radioactifs fissiles (Uranium, Plutonium). Le combustible nucléaire concerne environ 840 transports par an :



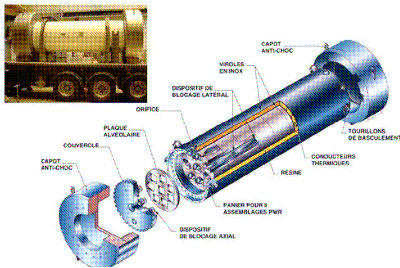
- 300 pour le combustible neuf,
- 450 pour le combustible irradié*,

* Les "combustibles irradiés" ne doivent pas être considérés comme des "déchets", mais comme des matières aptes à être triées et recyclées en vue d'une nouvelle utilisation. Ainsi, en France, le déchargement des combustibles irradiés des cinquante-huit réacteurs en fonctionnement sur le territoire national s'effectue à raison de 1 150 tonnes par an.

- 30 pour le combustible MOX** ,
- 60 pour la poudre d'oxyde de plutonium.

Le secteur de la recherche, médical, industriel non nucléaire (2/3 de colis transportés) :

Le nombre de transports de ce type est important mais la radioactivité des colis transportés est plus faible. La diversité et dans une certaine mesure, la dispersion de ces colis parmi d'autres colis non radioactif rend leur contrôle plus difficile.



Emballage pour le transport des combustibles MOX.



Emballages de transport d'hexafluorure d'uranium.

7. Dangers de transport des matières radioactives [12], [18], [20]

Comme on a dit précédemment en France, chaque année, circulent environ 400 000 colis de matières radioactives. Mais d'un colis à l'autre, les risques de contamination, d'irradiation, de criticité (réaction en chaîne), de vol ou de détournement ainsi que les risques chimiques varient énormément.

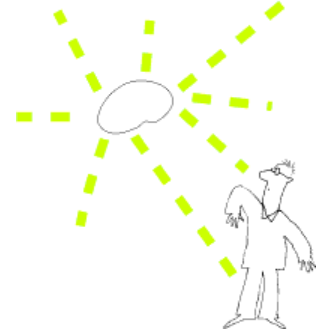
Lors de transport, les colis de matières radioactives peuvent être dangereux si une agression externe provoque leur dispersion par exemple un accident. Le principal danger est celui de l'irradiation induite par le produit radioactif.

** en anglais - Mixed Oxide. Le combustible obtenu à partir des combustibles usés.

Il ne faut pas non plus oublier qu'un certain nombre de produits radioactifs présentent, en plus de leur radio toxicité, une toxicité chimique. Cette dernière peut d'ailleurs constituer le risque le plus important (cas des actinides, uranium, plutonium, ...)

En cas d'accident pendant le transport, des substances radioactives peuvent être relâchées dans l'air, dans la terre et/ou dans l'eau.

Si la source radioactive est extérieure à l'organisme (nuage, particules déposées sur le sol, la végétation...) on parle d'**irradiation**. On se protège de l'irradiation au moyen d'écrans ou en s'éloignant de la source.



Si la source radioactive est déposée sur l'individu lui-même, ou dans l'organisme (par ingestion d'aliments frais par exemple, par la respiration, ou par une blessure), on parle de **contamination**. On se protège de la contamination en se débarrassant des particules radioactives (lavage, élimination naturelle ou par traitement médical).



Les effets des rayonnements dépendent, en fait, de la dose reçue. L'exposition à une forte dose de rayonnements (plusieurs milliers de milli sieverts) émis par une source radioactive (qu'elle provienne du nucléaire, du médical, de la recherche ou de l'industrie) entraîne immédiatement des lésions des tissus, de graves brûlures, voire la mort de l'individu. Si la personne survit, un cancer peut apparaître à plus long terme. Dans le cas d'une faible dose, l'exposition ne produit pas d'effet immédiat visible mais peut contribuer à la survenue d'un cancer des années plus tard.

Car la cible principale du rayonnement radioactif est l'ADN : le rayonnement provoque des lésions de notre patrimoine génétique qui peuvent conduire à l'apparition de mutations responsables d'un cancer. Au-delà de 100 milli sieverts, le risque d'apparition d'un cancer est directement proportionnel à la dose reçue. Mais on ne dispose d'aucune certitude pour les doses inférieures à ce seuil (irradiations les plus fréquentes).

Il ne faut pas oublier non plus que la contamination radioactive peut se propager dans la chaîne alimentaire : un être devient contaminé lorsqu'il ingère un animal ou une plante contaminée.

8. Accidents de transport des matières radioactives

8. (a) Exemples des événements marquants [15], [17]

Les événements les plus marquants sont :

Mer du Nord - août 1984

Naufrage du cargo Mont Louis transportant des conteneurs d'hexafluorure d'uranium près des côtes belges. Tous les conteneurs ont été récupérés. Des défauts d'étanchéité ont été détectés sur quelques conteneurs, entraînant la dilution dans la mer de quelques kilogrammes d'hexafluorure d'uranium sans conséquence notable sur le public ou sur l'environnement.

Lailly-en-Val - juin 1987

Accident d'un camion 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 très meuble du bas-côté. Le colis a été récupéré après une trentaine d'heures. La chute n'a pas affecté l'étanchéité du colis et n'a pas occasionné de dommages.



Accident de Lailly-en-Val du 15 juin 1987 : déversement d'un colis de combustibles irradiés en direction du terminal ferroviaire de la Ferté-Saint-Aubin

Port de Cherbourg - novembre 1991

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 détectés sans conséquence radiologique.

Port du Havre - mars 1996

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

Gare d'Apache (frontière franco-allemande) - février 1997

Déraillement 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.

Valognes (Manche) - printemps 1998

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.

Roissy (Val-d'Oise) – avril 2001

A l'aéroport de Roissy, lors de sa manutention, un colis de type excepté chargé de matière radioactive est tombé d'une palette sur lequel il n'était pas arrimé et a été écrasé par un chariot automoteur, provoquant la fuite du contenu radioactif. Le liquide a été totalement absorbé par la matière absorbante située dans l'emballage.

Les pompiers de l'aéroport et la cellule d'intervention du CEA de Saclay accompagnée de la société CIS Bio International sont intervenus rapidement. Un périmètre de sécurité a été établi autour de la zone incriminée. Aucune contamination n'a été décelée ni sur le sol, ni

sur le chariot automoteur. L'Autorité de sûreté a classé cet incident au niveau 1 de l'échelle INES.



Zone contaminée mise en sécurité à l'aéroport de Roissy

8. (b) L'échelle INES [12], [21], [22]

L'échelle INES (*International Nuclear Event Scale*, échelle internationale des événements nucléaires), l'équivalent de l'échelle ouverte de Richter pour les séismes. Adoptée en France en 1994 et étendue en 1999 aux transports de matières radioactives, elle permet de classer l'importance des incidents et accidents selon 8 niveaux : de l'écart (niveau 0) ou l'anomalie (niveau 1) à l'accident grave (niveau 6) ou majeur (niveau 7, correspondant par exemple à l'explosion en 1986 du réacteur 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl, en Ukraine).

L'échelle INES s'applique à tout événement se produisant dans les installations nucléaires de base (INB) civiles, y compris celles classées secrètes, et lors du transport des matières nucléaires. A partir du niveau 3, la santé d'un travailleur peut être gravement atteinte. C'est une échelle logarithmique : d'un niveau au niveau immédiatement supérieur, la radioactivité en jeu est considérablement plus élevée. L'application de l'échelle INES aux INB se fonde sur trois critères de classement (colonnes 2, 3 et 4 du tableau ci-dessous) :

- ***les conséquences à l'extérieur du site***, appréciées en termes de rejets radioactifs pouvant toucher le public et l'environnement ;
- ***les conséquences à l'intérieur du site***, pouvant toucher les travailleurs, ainsi que l'état des installations ;
- ***la dégradation des lignes de défense en profondeur de l'installation***, constituées des barrières successives (systèmes de sûreté, procédures, contrôles techniques ou

administratifs...) interposées entre les produits radioactifs et l'environnement. Pour les transports de matières radioactives qui ont lieu sur la voie publique, seuls les critères des conséquences hors site et de la dégradation de la défense en profondeur sont retenus pour l'application de l'échelle INES.

Par exemple en 2005, sur l'ensemble des transports de matières radioactives, l'ASN dénombre 48 incidents classés au niveau 0 (41 événements) ou au niveau 1 (7 événements) de l'échelle INES. Ces incidents concernent essentiellement les transports non liés au combustible nucléaire, notamment des sources à usage médical.

En 2006, un seul événement ayant fait l'objet d'un avis de l'ASN concerne un transport de combustible nucléaire. Il s'agit d'un dérailage partiel à très faible vitesse d'un wagon portant un emballage contenant du combustible irradié. Le colis de combustible n'a subi aucun mouvement particulier. L'intervention d'une équipe SNCF sous le contrôle d'une équipe de l'ASN a permis de remédier à la situation le lendemain du dérailage. Au cours du dépannage, *le cheminot le plus exposé a reçu une dose de rayonnement inférieure à 1% de la dose moyenne reçue annuellement par chaque Français.*

Application de l'échelle INES			
	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur/ des barrières radiologiques	
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques/ exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave/effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu/perte des barrières
2 Incident		Contamination importante/ surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Ecart		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
Evénements hors échelle		Aucune pertinence du point de vue de la sûreté	

9. Solutions pour la prévention et la protection [13], [14], [19]

Mesures administratives, organisationnelle et d'adaptation des véhicules

En fonction du type de colis, celles-ci portent sur :

- L'agrément des colis et du transporteur. Ce dernier, pour le transport de matières dangereuses (dont les matières nucléaires), doit s'adjoindre les services d'un conseiller à la sécurité.
- La formation du personnel se traduisant par la délivrance aux conducteurs qui l'ont suivie et ont réussi à un examen final, d'un certificat de formation obligatoire pour qu'ils puissent exercer leur métier.
- Les déclarations du transport aux autorités.
- L'étiquetage des colis et des véhicules.
- La limitation de stationnement des véhicules sur la voie publique.
- L'équipement technique des véhicules dont les dispositions de prévention contre les incendies.
- Le contrôle du respect des prescriptions est assuré par l'Autorité de Sûreté Nucléaire. Sur les voies de circulation routière, la gendarmerie est habilitée à contrôler l'existence des papiers et autorisations réglementaires en plus des contrôles habituels qu'elle exerce sur tous les véhicules de transports de matières dangereuses circulant sur le réseau routier.



Wagon utilisé pour le transport de combustibles irradiés

La sécurité physique

Elle consiste à éviter la disparition par pertes ou vols de matières nucléaires sensibles (utilisables par exemple pour des armes) dont est responsable le Haut Fonctionnaire de Défense (HFD) auprès du Ministre de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.

La Sûreté

Elle repose essentiellement sur la conception des emballages adaptée à la quantité et aux nuisances pouvant être engendrées par les produits transportés ainsi que sur les mesures administratives et organisationnelles et sur l'adaptation des moyens de transport.

Conception des emballages

Les performances du colis doivent être adaptées au risque potentiel présenté par la matière transportée. Les fonctions de sûreté du colis doivent assurer le confinement des matières radioactives, pour combattre le risque radiologique.



Les colis sont classés en quatre grandes catégories :

- **Colis de type A** : ils concernent le transport de matières radioactives de faible radioactivité et/ou de période courte. Ils concernent à 75% des radioéléments à usage médical ou pharmaceutiques. Ils sont de petites dimensions et pèsent moins de 100 kg. En moyenne, chaque année 170 000 colis de ce type sont transportés en France.

Ces emballages, pour être agréés, subissent les tests suivants :

- ✓ Etanchéité à l'eau : exposition à une précipitation de 5 cm/h pendant 1h,
- ✓ Chute sur une surface indéformable d'une hauteur de 1.2 m,
- ✓ Résistance pendant 24 h à une force de compression égale à 5 fois la masse du colis.

- **Colis de type B** : ce sont ceux qui concernent les matières radioactives utilisées dans le cycle de combustible (en particulier les



combustibles usés des Centrales Electronucléaires) et qui présentent donc la plus grande nocivité. Les emballages doivent continuer à assurer le confinement et la protection des matières radioactives en cas d'accident.

A ce titre, ils sont soumis à des tests très durs :

- ✓ Chute d'une hauteur de 9m sur une surface indéformable suivie d'une chute d'une hauteur de 1m sur une barre d'acier d'un diamètre de 15cm.
- ✓ Exposition à un feu de 800°C pendant 30 minutes suivie d'une immersion sous 15m d'eau pendant 8 heures.

En France, en moyenne, chaque année, 5000 colis de ce type sont transportés.

- **Les colis de type industriel** : ils concernent des matières de faible activité spécifique (concentré d'uranium, composé d'uranium naturel, déchets de faible activité). Ils doivent répondre à des spécifications identiques aux colis de type A. En France, ils représentent en moyenne chaque année 50 000 colis.
- Enfin, existe une **catégorie de colis dite "exemptée"** lorsque la radioactivité est très faible, inférieure à des seuils fixés par la réglementation (radioéléments pour le diagnostic médical, appareil radio luminescent par exemple) auxquels ne s'appliquent que des spécifications générales concernant entre autres la facilité de manutention. En cas d'accident, les emballages ne sont pas tenus de résister, leur contenu en se répandant n'ayant que des conséquences négligeables. 90 000 colis de ce type circulent en moyenne chaque année en France.

Moyens de détection et d'identification d'éventuelles sources radioactives

Les instruments et systèmes utilisés dans ce processus de contrôle et de prévention peuvent être répartis en plusieurs catégories :

- Les appareils fixes ou semi-fixes : ils effectuent en continu la détection de radiations sur les points de passage spécifiques.
- Les balises de contrôle de véhicules qui se déclenchent lors d'un transport de matière radioactive. Les instruments les plus sophistiqués réussissent même à mettre en

évidence le fait qu'une quantité d'isotope industrielle ou médicale a été utilisée pour masquer une arme nucléaire.

- Les appareils portables qui sont généralement employés pour localiser et identifier les sources radioactives.



Exemples des appareils portables de radioprotection

10. Information publique [11], [14]

L'information préventive des populations

La population des communes soumises au risque TMD doit recevoir une information préventive et connaître les consignes de sécurité. Bien que ne figurant pas au nombre des risques majeurs devant être pris en compte dans le cadre de l'information préventive (article L.125-2 du Code de l'environnement information préventive des populations), la prise en compte du risque lié au TMD s'est fait grandissante ces dernières années (notamment au travers de l'application par les préfets de l'article 2 du décret n° 90-918 du 11 octobre 1990). De ce fait, la plupart des départements a inclus le risque TMD dans leur *dossier départemental des risques majeurs* (DDRM) et la majorité des communes se sent concernée.

La transparence

Dans tous les cas, l'expéditeur doit présenter un programme de radioprotection, qui précise la nature et l'ampleur des mesures prises pour que la valeur des doses individuelles, le nombre de personnes exposées et la probabilité de subir une exposition soient maintenus « aussi bas qu'il est raisonnablement possible ».

Pour communiquer les informations qu'elle collecte au grand public, l'ASN dispose de l'échelle INES. En réalité, selon l'ASN, seuls un à deux accidents de transport entraînent, chaque année, en France, un relâchement de radioactivité dans l'environnement. Dans les cas les plus graves, de faibles contaminations ont pu être détectées et traitées par des opérations de décontamination. Les derniers chiffres disponibles, ceux de 2003, font état d'une soixantaine d'incidents liés au transport (50 de niveau 0, 10 de niveau 1). Parmi eux figurent 20 incidents de manutention dans les aéroports, dont deux classés au niveau 1 de l'échelle INES : des colis exceptés (donc très faiblement radioactifs) écrasés par un chariot ou des camions. Les mesures n'ont révélé aucune trace de contamination pour le personnel ayant été en contact avec le colis.

11. Conclusion [9]

La sûreté des transports de matières nucléaires est à un niveau encore supérieur à celui du transport d'autres matières dangereuses. Les risques spécifiques à ces matières sont pris en compte dans la réglementation de ce type de transport, et le contrôle de son respect. Ceci s'est traduit jusqu'à ce jour par un nombre très réduit d'accident mettant en jeu la substance radioactive transportée.

Bibliographie

- [1] http://www.energethique.com/notions/radioprotection_3083.htm
- [2] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Radioactive>
- [3] <http://www.senat.fr/rap/105-358/105-35819.html>
- [4] http://www.energethique.com/notions/gasn8_transport2.htm
- [5] <http://www.asn.fr/sections/rubriquesprincipales/dossiers/surete-transport/reglementation-du>
- [6] http://www-pub.iaea.org/MTCDD/publications/PDF/Pub1098_scr.pdf
- [7] <http://www.iso.org/iso/fr/pressrelease.htm?refid=Ref920>
- [8] <http://www.irsn.org/index.php?page=Presentation/QuiSommeNous>
- [9] www.irma-grenoble.com/PDF/risques_infos/N17/17article04.pdf
- [10] Fiche : Actualités - Le transport des combustibles irradiés
- [11] http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/21_12_risq_transport.html
- [12] http://www.cite_sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/magazine/article.php?id_mag=3&lang=fr&id_article=4763
- [13] <http://www.canberra.com/fr/pdf/produits/HP/HomelandFr4B.pdf>
- [14] <http://savoirs.essonne.fr/dossiers/les-technologies/energies/article/type/0/intro/le-transport-des-matieres-radioactives/>
- [15] http://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_du_combustible_nucl%C3%A9aire
- [16] <http://www.anartoka.com/cran/viewtopic.php?p=198&sid=52bffb32d67677785a87b48342c8cbe8>
- [17] <http://www.asn.fr/sections/rubriquesprincipales/actualites/avis-d-incident/2002/incident-transport5>
- [18] <http://rme.ac-rouen.fr/lerisque2.htm>
- [19] RGN N° 1 Janvier-Février 2005, Bernard LENAIL, « Sureté des transports de matières radioactives »
- [20] http://fr.wikipedia.org/wiki/Contamination_radioactive
- [21] <http://www.asn.fr/sections/rubriquesprincipales/actualites/notes-d-information/echelle-classement>
- [22] http://www.asn.fr/sections/fichiers-joints/fiche-ines/downloadFile/attachedFile_f0/ines.pdf?nocache=1183472256.09