

Transport du combustible épuisé — considérations sur la sûreté

Aux Etats-Unis d'Amérique,
le passé garantit l'avenir

par Robert M. Jefferson

Dans notre société, le transport des matières radioactives, et plus particulièrement du combustible épuisé provenant des réacteurs, est une question qui enflamme les esprits et dont on parle beaucoup, tant en bien qu'en mal.

Aux Etats-Unis, ce genre de transport est jugé tout à fait spécial et différent de celui des autres matières dangereuses, et considéré comme une activité particulièrement sensible du secteur nucléo-énergétique. De plus, chacun pense qu'il est expert en la matière.

Cette vue des choses est encore aggravée par le fait que chaque citoyen a l'impression que le rail ou la route qu'emprunte ce transport passent au fond de son jardin. La question s'est donc inévitablement politisée.

Le présent article s'adresse à tous ceux qui souhaitent réfléchir sans passion pour se faire leur propre idée de la question et parvenir à des conclusions rationnelles, en proposant une analyse objective des aspects techniques de la sûreté du transport du combustible nucléaire irradié.

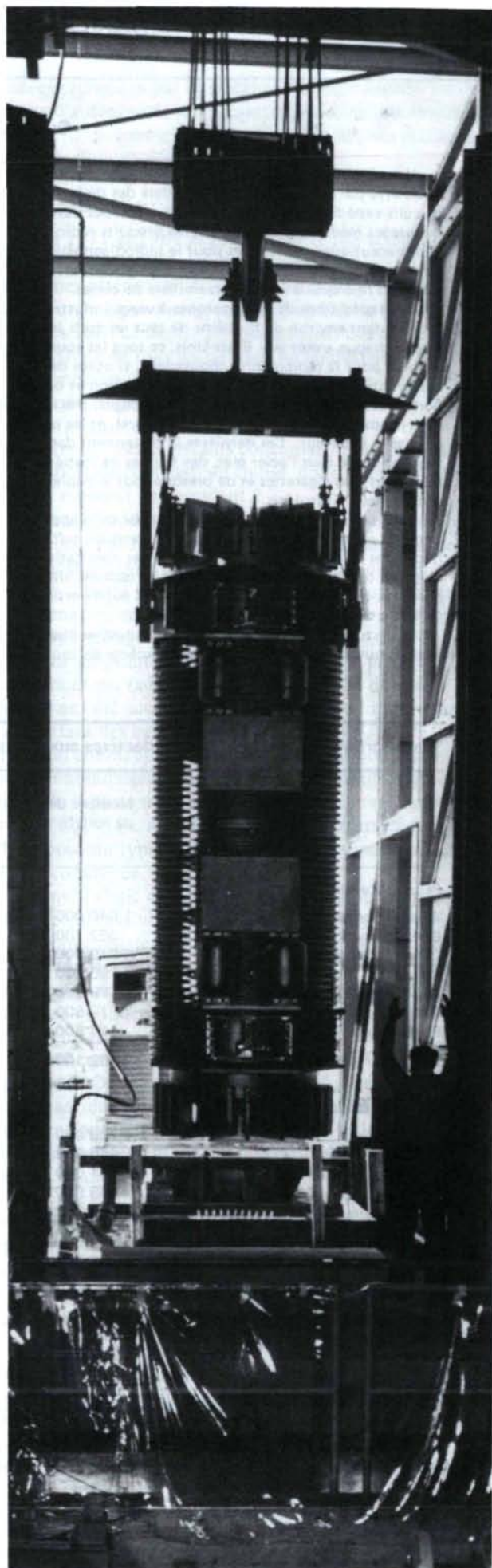
Approches classiques des problèmes de sûreté

Il y a trois manières classiques d'aborder la question de la sûreté. La plus évidente consiste à étudier l'histoire du transport d'un produit déterminé et à évaluer la sûreté de l'opération en se fondant sur l'expérience. Une autre méthode très utilisée consiste à faire une analyse du sujet en combinant les divers éléments de risque que comporte l'opération et en les calculant compte tenu de leurs conséquences respectives. Enfin, on peut passer en revue les résultats de toutes les recherches faites sur la sûreté pour en extraire l'information qui viendrait renforcer ou affaiblir l'évaluation tirée de l'expérience ou obtenue par l'analyse.

Malheureusement, le recours à ces trois méthodes, séparément ou en les combinant, donnera rarement satisfaction à ceux, fort nombreux, que préoccupe le transport du combustible nucléaire épuisé. Pour

M. Jefferson est directeur du Service de technologie du transport des Sandia National Laboratories, aux Etats-Unis.

Un château de transport de combustible épuisé de 70 tonnes est amené dans un puits de déchargement. (Photo Atomic Industrial Forum, Inc.)



Quelques statistiques

Il est intéressant de classer les expéditions de matières nucléaires par catégories. Les deux tiers des deux millions de colis expédiés contiennent des radioisotopes destinés à des usages médicaux, notamment les produits radio-pharmaceutiques, les sources pour le radiodiagnostic, et les sources pour la téléthérapie, dont la radioactivité peut varier du microcurie à plusieurs milliers de curies.

Les expéditions de radioisotopes à usage industriel représentent environ un huitième de tous les colis transportés chaque année aux Etats-Unis; ce sont les sources mobiles pour la radiographie industrielle, si utiles dans la construction des bâtiments de grande élévation et des ponts, les sources pour les relevés de sondages, très utilisées dans l'industrie du pétrole et du gaz naturel, et les jauges densité — épaisseur. Ces dernières interviennent dans la fabrication de tout l'acier plat, des feuilles de matières plastiques, des cigarettes et de presque tout le papier produits aux Etats-Unis.

Environ un sixième du nombre total de colis appartiennent à la catégorie indéterminée; il s'agit de matières nucléaires de faible activité destinées à des applications diverses, tels les détecteurs de fumée, les cadrans lumineux, les panneaux de signalisation et autres articles de vente courante.

Le reste des expéditions concerne l'industrie nucléaire et représente un vingt-cinquième de tous les

colis radioactifs actuellement transportés aux Etats-Unis. Ce sont les déchets de faible radioactivité provenant de l'industrie nucléaire, les sources radioactives d'usages divers et, bien entendu, le combustible épuisé extrait des réacteurs.

Tandis que la part de l'industrie nucléo-énergétique dans l'activité totale transportée est plutôt insignifiante, comme l'indique la proportion des colis correspondants, le sentiment général est que cette part l'emporte de loin sur celle de toutes les autres expéditions. Or, des études récentes ont prouvé le contraire.

Si l'on considère les quatre catégories ci-dessus du point de vue de la radioactivité transportée, on constate que la catégorie médicale représente un huitième du total annuel, les applications industrielles les six septièmes, et la catégorie indéterminée un centième, ce qui laisse un soixante-dixième à l'industrie nucléo-énergétique.*

** Transport of Radioactive Material in the United States: Results of a Survey to Determine the Magnitude and Characteristics of Domestic, Unclassified Shipments of Radioactive Materials, par H.S. Javits, T.K. Layman, E. Maxwell, E.L. Myers, C.K. Thompson, SRI International, Menlo Park, Californie (novembre 1984).*

Transport annuel de matières radioactives aux Etats-Unis

	Nombre de de colis*	Pourcentage du total*	Activité moyenne par colis (en curies)
<i>Par applications</i>			
Applications médicales	1 640 000	67,4	5,29
Diverses/indéterminées	362 700	15,0	0,049
Industrielles générales	219 000	9,0	246,0
Energie	95 200	3,9	10,4
Radiographie	79 200	3,3	57,9
Déchets	18 500	0,8	0,84
Recherche/enseignement	17 500	0,7	0,71
Total	2 432 100		
<i>Par types de colis</i>			
Type A	1 700 000	69,8	0,541
Quantité limitée	446 900	18,3	0,044
Faible activité spécifique	191 000	7,8	0,659
Type B	88 000	3,6	746,0
Indéterminé	6 000	0,3	1,16
Type B/grande quantité	2 700	0,1	587,0
Total	2 434 600		
<i>Par modes de transport principaux</i>			
Route	1 880 000	76,8	35,3
Air	544 000	22,6	3,5
Poste	5 900	0,24	0,02
Rail	3 400	0,14	0,15
Autres	2 900	0,12	15,8
Total	2 436 200		

* Les pourcentages et les totaux ont été arrondis et ne concordent donc pas exactement.

Source: Sandia National Laboratories, rapport 83-2668, TTC-0542 (septembre 1984).

répondre à leur souci sur les points non élucidés par les trois méthodes classiques, on se penchera, dans le présent article, sur la réflexion que suscite la question «qu'arriverait-il si ...?» (voir l'encadré de la page 10).

Examen rétrospectif

Nombreux sont ceux qui pensent que le transport du combustible épuisé va multiplier les expéditions de matières dangereuses. Il importe donc de considérer tout d'abord l'énorme volume de marchandises transporté aux Etats-Unis.

On a calculé qu'environ une personne sur cinq participe d'une façon ou d'une autre à des activités intéressant le transport des personnes ou des marchandises. Il faut aussi savoir qu'environ 500 milliards de colis de toutes sortes sont transportés aux Etats-Unis chaque année.

Quelque 100 millions de ces colis contiennent des matières dangereuses: produits inflammables, combustibles, toxiques, explosifs et matières radioactives. Ces dernières comptent pour environ deux millions de colis par an; le transport des matières radioactives ne représente donc environ que 2% de la totalité du transport de matières dangereuses aux Etats-Unis.*

Le transport du combustible épuisé

Depuis 1964, époque à laquelle on a commencé à expédier du combustible épuisé aux Etats-Unis, on compte une moyenne de 291 envois par an. Selon les prévisions maximales publiées à ce jour, un maximum de 9000 expéditions par an sera atteint lorsqu'il existera un dépôt pleinement opérationnel, l'équilibre devant s'établir aux alentours de 4500 envois annuels.**

Si l'on rapporte cette projection à celles qui tiennent compte de l'augmentation des quantités de matières radioactives utilisées dans l'industrie et en médecine, on constate que la part de l'énergie nucléo-électrique dans la quantité totale (en curies) de la radioactivité expédiée demeurera relativement modeste. En outre, il ne faut pas oublier que l'on transporte du combustible nucléaire épuisé depuis 20 ans. Quelque 5000 éléments combustibles ont ainsi déjà été menés à leur destination.***

On peut encore enrichir cette expérience en y incluant les autres matières radioactives qui ont été transportées aux Etats-Unis depuis 1944. C'est sur cette base élargie que nous avons pu évaluer, au moins sous un certain aspect, la sûreté relative du transport des matières radioactives et du combustible épuisé en particulier. Par ailleurs, le Département des transports a appliqué en 1971 un système de notification des incidents concernant les matières dangereuses. Les

données recueillies par ce système, augmentées des apports d'autres sources, permettent de faire une évaluation précise de tous les accidents impliquant des matières nucléaires qui ont déjà eu lieu.

Bilan des accidents: les colis résistent

Entre 1971 et 1981 se sont produits 108 accidents de véhicules transportant des matières radioactives. Les statistiques ultérieures montrent que la proportion d'accidents n'a pas changé par rapport à cette période. Parmi ces 108 accidents, 26 concernaient des déchets de faible activité de tous les secteurs de l'industrie; 24 des sources mobiles utilisées pour la radiographie industrielle, 18 des sources pour applications médicales, 36 des matières premières tels le minerai ou l'oxyde d'uranium. Les quatre accidents restants concernaient des châteaux de transport de combustible épuisé, dont deux étaient vides au moment de l'accident.*

On peut considérer ces 108 accidents sous un autre angle: ils ont concerné 1198 colis de matières radioactives, dont 861 étaient du type prévu pour le transport de matières de faible activité tels l'oxyde d'uranium et les produits de consommation courante comme les détecteurs de fumée. De ces 861 colis, 56 ont été endommagés au cours de l'accident au point de laisser échapper une partie de leur contenu radioactif. Par exemple, 28 de ces 56 colis ont été accidentés en même temps: un camion transportant des barils d'oxyde d'uranium (U_3O_8) a heurté un cheval et s'est renversé sur le bas-côté de la route, endommageant ainsi les barils. Quoi qu'il en soit, 56 cas de rupture de colis avec perte du contenu, sur un total de 861 colis, représente un taux de «survie» de 93,5% pour un type d'emballage communément utilisé dans le commerce.

Lorsqu'il s'agit de matières de radioactivité un peu plus forte, il faut utiliser les emballages du type «A» conçus pour résister aux agressions normales auxquelles ils sont exposés en cours de transport. D'après le règlement, les caractéristiques de ce type d'emballage doivent être telles qu'il demeure parfaitement hermétique pendant un transport sans accident.

Ces critères n'assurent pas que le colis survivra en cas d'accident. Or, sur 286 colis du type «A» qui se sont trouvés accidentés pendant la période considérée, cinq seulement ont laissé échapper une partie de leur contenu dans l'environnement, ce qui représente une survie de 98,25%. Tant les emballages du type «A» que ceux de l'autre type mentionné précédemment sont prévus pour des quantités limitées de matières qui, si elles se répandaient dans le milieu, ne feraient pas courir un risque significatif au public.

Aucune perte de radioactivité

Les 50 autres colis du groupe accidenté étaient du type «B». Ces emballages servent au transport de matières fortement radioactives, dont le combustible épuisé, et sont conçus de façon à pouvoir subir un accident sans laisser échapper leur contenu. Tel fut le cas de ces 50 colis. Ces chiffres ne concernent que les

* *Transport of Radioactive Material in the United States: Results of a Survey to Determine the Magnitude and Characteristics of Domestic, Unclassified Shipments of Radioactive Materials*, par H.S. Javits, T.K. Layman, E. Maxwell, E.L. Myers, C.K. Thompson, SRI International, Menlo Park, Californie (novembre 1984).

** *Social and Economic Aspects of Radioactive Waste Disposal*, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C. (1984) p.69.

*** Voir «Le transport commercial de combustible irradié aux Etats-Unis», par R.M. Jefferson et J.D. McClure, *Bulletin de l'AIEA*, Vol.21, n° 6, décembre 1979.

* *Radioactive Material (RAM) Accident/Incident Data Analysis Program*, par E.L. Emerson et J.D. McClure, SAND82-2156, TTC-0385, Sandia National Laboratories (septembre 1983).

Etats-Unis, mais il convient de souligner que l'expérience est identique dans les autres pays du monde occidental.

Depuis quarante ans que l'on transporte des matières de forte radioactivité on n'a relevé aucun cas de décès ou de lésion dû à la radioactivité des matières transportées. De plus, comme on vient de le voir, aucun colis du type «B» accidenté n'a jamais laissé échapper son contenu.*

Il est intéressant de signaler à titre de comparaison que, pendant cette même période, le transport de l'essence aux Etats-Unis a causé la mort de 1100 personnes**, et que de nombreux cas semblables se sont produits avec le chlore, l'ammoniac, le chlorure de polyvinyle et autres substances dangereuses.

L'idée que l'on se fait, sur le plan de la sûreté, du transport des matières fortement radioactives est défavorablement influencée par extrapolation de l'expérience acquise avec d'autres substances dangereuses qui ne sont pas transportées dans des colis résistants aux accidents. Aussi peut-on conclure que le transport du combustible nucléaire épuisé est beaucoup plus sûr, si l'on en juge par l'expérience, que celui des autres substances dangereuses.

Etude analytique du risque

Il est devenu habituel, aux Etats-Unis, d'analyser le *risque* que comporte une activité en se fondant à la fois sur des statistiques et des prévisions et sur un examen des *conséquences* que cette activité pourrait avoir. Cette méthode, appliquée au transport des matières radioactives, a donné des résultats assez intéressants.

Ces études, fondées sur des hypothèses généralement réputées prudentes, semblent indiquer que toutes les matières radioactives transportées sans accident sur le territoire des Etats-Unis causeraient une radioexposition moyenne de moins d'un demi millirem par personne et par an, chiffre qui contraste nettement avec la valeur moyenne de quelque 160 millirem du fond naturel de rayonnement provenant du sol, des matériaux de construction, des denrées alimentaires et du rayonnement cosmique. Même la personne la plus exposée, dans des conditions autres que celles d'un accident, ne recevrait que 16 millirem par an.

Lorsqu'on tient compte des accidents dans l'analyse, la dose moyenne reçue par la population exposée augmente d'environ 0,005 à 0,0005 millirem***. En d'autres termes, les accidents augmentent le risque auquel est exposé l'individu moyen d'environ un millième seulement de la radioexposition subie en l'absence d'accidents.

Il ne faut pas oublier non plus que l'accident même qui peut porter atteinte à l'intégrité du colis radioactif a aussi des effets mécaniques qui causent des blessures ou la mort. Il y a donc des morts et des blessés dans des accidents de la circulation qui touchent des chargements de matières radioactives et dans lesquels la nature du chargement n'a absolument aucun rapport avec les conséquences de l'accident. Si l'on compare les deux risques, on constate que le risque mécanique est de l'ordre de 100 à 1000 fois supérieur au risque radiologique.

C'est pourquoi le transport des matières fortement radioactives, tel le combustible épuisé, est régi par une réglementation fédérale qui vise à réduire au minimum la distance parcourue, et le nombre de tués ou blessés mécaniques par conséquent*. Il est évident que le risque radiologique, déjà minime, s'en trouve également réduit.

Ainsi, la méthode analytique utilisée pour étudier le risque inhérent à l'activité considérée, et d'autres méthodes aussi, montrent que le danger auquel le public est exposé du fait du transport de matières radioactives, dont le combustible épuisé, est bien moindre que les risques inhérents au transport des personnes et des marchandises ordinaires, risques que tout le monde accepte.

Etude de la sûreté: les essais

Dès le début des années 70, on fait un effort croissant de recherche sur la sûreté du transport des matières radioactives pour déterminer les qualités des matériaux employés dans la fabrication des emballages, pour vérifier l'adéquation des moyens utilisés pour la conception de ces derniers, pour acquérir l'information nécessaire à l'analyse du risque et pour voir si les règlements en vigueur répondent bien aux besoins.

Comme ce dernier aspect du problème est souvent évoqué, on s'en est activement occupé. Par exemple, on entend souvent reprocher aux règlements que le critère de conception censé représenter les conditions d'un accident spécifie une chute d'une hauteur de 9 mètres sur une surface dure; un simple calcul montre que ce choc correspond à une collision à un peu moins de 50 kilomètres à l'heure.

Or, un grand nombre d'accidents peuvent de toute évidence survenir à des vitesses supérieures; même dans un pays comme les Etats-Unis où la vitesse est limitée à 90 km/h, il est arrivé à tous les automobilistes de se faire doubler par un camion roulant à 100, 110 ou même 130 km/h. La clef de ce critère de conception reste la surface dure.

Qu'entend-on par «surface dure»?

Pour les règlements, une surface dure est constituée par un bloc de béton pesant au moins dix fois le poids du colis à éprouver, et recouverte d'une plaque d'acier de 50 mm d'épaisseur, qui doit être mise en place sur le béton encore mou et sous vibration, afin qu'il ne subsiste pas de bulles à l'interface.** Aux Etats-Unis,

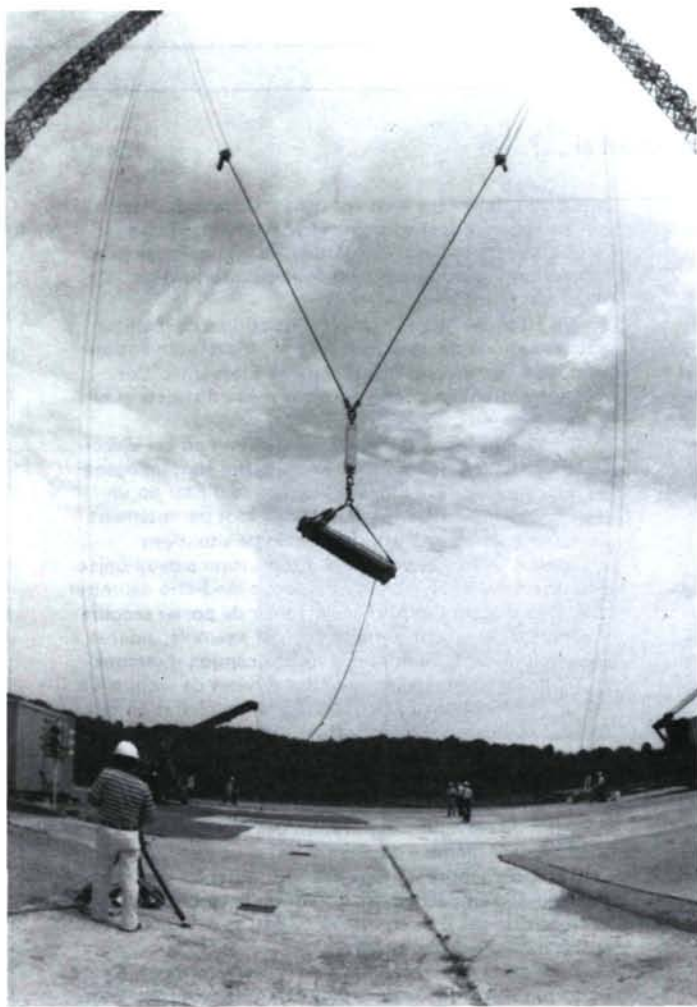
* Voir «The Role of the International Atomic Energy Agency», par Morris Rosen, et «Design & Safety of Flasks», par R.M. Jefferson dans *The Urban Transport of Irradiated Fuel*, MacMillan Press, Long (1984); et *Transportation Accident Scenarios for Commercial Spent Fuel*, par E.L. Wilmot, SAND80-2124, TTC-0156, Sandia National Laboratories (février 1981).

** Conversation privée avec R. Rawl, Département des transports des Etats-Unis.

*** Voir *A Nuclear Waste Primer*, League of Women Voters, publication n° 391, Washington, D.C. (1980); et *A Preliminary Cost and Risk Analysis for Transporting Spent Fuel and High-Level Wastes to Candidate Repository Sites*, par K.S. Neuhauser, J.W. Cashwell, P.C. Reardon et G.W. McNair, SAND84-1795, TTC-0506, Sandia National Laboratories (octobre 1984).

* Registre fédéral, dossier n° HM 164, Vol.46, n° 12, 19 janvier (1981), pp. 5298-5318.

** *Directives pour l'application du Règlement de transport de l'AIEA*, Collection Sécurité n° 37, AIEA (1973).



Les châteaux de transport de combustible épuisé sont soumis, entre autres essais destructeurs, à des épreuves de collision, d'incendie et de chute libre plus agressives que les conditions réelles qui peuvent se présenter en cours de transport. Ils résistent à ces mauvais traitements, pratiquement sans perte de leur contenu et sans affaiblissement significatif des protections contre les rayonnements. (Photo Atomic Industrial Forum, Inc.)

les essais de ce genre se font la plupart du temps aux Laboratoires nationaux d'Oak Ridge, dans le Tennessee. La cible consiste en un bloc de béton de 545 tonnes coulé dans une fosse creusée dans le sol, et recouvert d'un blindage d'acier de 300 mm d'épaisseur. Même ainsi construite, cette cible n'est pas absolument rigide, mais elle l'est beaucoup plus que tous les obstacles artificiels ou naturels que l'on peut rencontrer au long des voies ferrées ou des grandes routes.

Ainsi, dans les spécifications réglementaires, tant la vitesse au moment de l'impact que la dureté de l'obstacle ont peu de rapport avec la réalité. On peut alors se demander si ces deux critères englobent les conditions dans lesquelles se déroulerait un véritable accident.

Pour répondre à la question, on a entrepris un certain nombre de programmes de recherche. Les premiers essais ont consisté à laisser tomber deux emballages identiques sur deux cibles de dureté différente. Dans le premier cas, il s'agissait d'un château de transport de combustible épuisé de réacteur de recherche, pesant 7 tonnes et tombant d'une hauteur de 9 mètres sur la surface dure décrite ci-dessus. L'emballage ne cédait pas mais il était visiblement endommagé: déformation de l'enveloppe extérieure et un certain déplacement des protections de plomb situées entre les deux enveloppes.

Un second emballage identique était ensuite lâché à une altitude de 600 m environ au-dessus d'un sol désertique durci. La vitesse au point d'impact atteignait 375 km/h et le château pénétrait de 130 cm dans le sol. Le seul dommage subi par ce second emballage était des éraflures de peinture.*

Au cours d'épreuves plus récentes visant aussi à établir un rapport entre la dureté de la cible et l'endommagement de l'emballage, un série d'objets en acier ont été lâchés à différentes hauteurs sur trois cibles différentes: un sol battu, une dalle de 60 cm de béton armé et une cible rigide du type décrit ci-dessus. Les données de ces essais sont les suivantes: l'impact à 50 km/h sur la cible rigide correspond à un choc à 145 km/h contre 60 cm de béton armé ou à un choc à 190 km/h contre 30 cm de béton armé (ce qui équivaut approximativement à la culée d'un pont).** Pour

* *Air Drop Test of Shielded Radioactive Material Containers*, par I.G. Waddoups, SAND75-0276, Sandia National Laboratories (septembre 1975).

** *Relative Response of Type-B Packagings to Regulatory and Other Impact Test Environments*, par J.D. McClure, H.R. Yoshimura, R.B. Pope, R.M. Jefferson, R.D. Seagren, et L.B. Shapper, dans *Proceedings of PATRAM-80* (novembre 1980).

Qu'arriverait-il si ...?

Malgré la leçon de l'expérience, malgré les méthodes utilisées pour analyser le risque et malgré la recherche sur la sûreté, il y a encore des esprits qui se posent la question «qu'arriverait-il si ...?». Qu'arriverait-il si un château de transport se mettait à fuir après avoir subi un accident extrêmement grave? Ou encore, qu'arriverait-il si un terroriste l'attaquait à l'explosif?

En 1981-82, une série d'essais a été organisée pour étudier les conséquences d'une attaque à l'explosif. Après avoir expérimenté huit tactiques différentes, une d'entre elles a été prise comme norme pour la suite des essais. Ce choix a été fait selon trois critères: De quel explosif dispose-t-on? Peut-on trouver des spécialistes pour le manipuler? Aura-t-il l'effet recherché? Un château de transport a ensuite été soumis à une série d'épreuves simulant une attaque à l'explosif.

Avant cette expérience, on estimait qu'après un sabotage réussi, un château de transport laisserait échapper environ 0,7% de son contenu sous forme d'aérosols de particules. La série d'essais s'est terminée par une attaque à l'explosif d'un château de taille normale placé dans un vaste local.

Tous les débris ont été ramassés et analysés et l'on a pu constater que 0,0006% seulement du contenu, au lieu de 0,7%, s'était échappé sous forme respirable. Tandis que l'analyse des conséquences fondée sur la proportion de 0,7% indiquait une possibilité de centaines de cas mortels précoces et des milliers de cancers latents, celle que l'on a faite à partir de la valeur mesurée a montré qu'il n'y aurait *aucun* cas mortel précoce et qu'il existait une possibilité de deux dixièmes de cancer pour les trente prochaines années dans la population exposée. Si l'on poussait toutes les incertitudes jusqu'à leurs conséquences extrêmes, la prédiction pourrait atteindre 14 cancers pour la même période parmi la même population.

En l'occurrence, la population choisie était celle d'une zone urbaine densément peuplée, parmi laquelle l'incidence normale du cancer serait probablement de 250 000 cas pendant la période considérée. S'il est vrai qu'une attaque à l'explosif contre un château de transport de combustible irradié serait très impressionnante et assez catastrophique, il serait possible de dominer la situation et l'effet sur la santé du public serait insignifiant.

Les moyens d'intervention en cas d'urgence

Malgré ce qui vient d'être dit, d'aucuns continuent de se demander comment les municipalités ou les Etats

pourraient faire face à un accident touchant des matières nucléaires, et plus spécialement à un accident grave impliquant du combustible épuisé. La plupart des gens croient qu'il n'existe pas de moyens d'intervention. Or, rien n'est plus loin de la vérité.

En effet, du fait du transport quotidien de maintes autres matières dangereuses, des moyens d'intervention sont déjà bien en place dans tous les Etats-Unis. Ces moyens entrent en action à trois niveaux distincts et en trois temps.

Généralement, les premiers à intervenir en cas d'accident impliquant des matières dangereuses sont un agent de police municipale, un agent de police d'Etat ou un poste de pompiers. Tout ce personnel est parfaitement entraîné pour agir dans toutes sortes de situations d'urgence. A ce stade initial, l'intervention a deux objectifs. Premièrement, isoler le sinistre, c'est-à-dire délimiter une zone d'accès interdit, et s'efforcer de porter secours aux personnes en danger de mort (par exemple, aider le chauffeur à sortir de la cabine de son camion d'essence en feu). Deuxièmement, aviser les services de secours de l'Etat — Bureau de la défense civile, Administration des services d'urgence, Police d'Etat ou toute autre autorité dûment constituée de l'Etat.

Cette notification déclenche le deuxième temps de l'intervention: les responsables doivent stabiliser la situation afin de prévenir l'aggravation des dangers éventuels, en cherchant même à les atténuer; il peut s'agir, par exemple, d'éteindre les feux, de neutraliser les produits chimiques, d'empêcher que le vent ou l'eau favorisent la dispersion des matières dangereuses, et de prendre toutes autres mesures de cet ordre.

Pour cette deuxième phase de l'intervention, une aide importante est prévue par l'industrie privée et par l'Etat. L'Association des industries chimiques a créé un service SOS «Chemtrec», pour donner à ceux qui sont sur les lieux des renseignements sur les matières accidentées et des conseils sur la manière de les combattre. De son côté, le Département de l'énergie des Etats-Unis, en collaboration avec plusieurs organismes fédéraux, assure un service analogue pour les accidents nucléaires intéressant la défense, dénommé le «JNACC» (Joint Nuclear Accident Co-ordinating Center), qui fournit non seulement des conseils, mais aussi une aide matérielle dans des délais raisonnables.

Le troisième temps de l'intervention est la phase de récupération dont se chargent des entreprises privées dont la tâche consiste à dégager le lieu de l'accident et à enlever toutes les matières dangereuses qui peuvent s'y trouver.

Bibliographie:

An Assessment of the Safety of Spent Fuel Transportation in Urban Environs, par R.P. Sandoval, J.P. Weber, H.S. Levine, A.D. Romig, J.D. Johnson, R.E. Luna, G.J. Newton, B.A. Wong, R.W. Marshall, Jr., J.L. Alvarez et F. Gelbard, SAND82-2365, TTC-0398 (juin 1983).

A Safety Assessment of Spent Fuel Transportation through Urban Regions, par R.P. Sandoval et G.J. Newton, dans *Proceedings of Waste Management '82*, University of Arizona (1982).

Transport of Radionuclides in Urban Environs: A Working Draft Assessment, par A.R. Ducharm et coll., SAND77-1927, Sandia National Laboratories (mai 1978).

Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accident: Principles for Planning, annales de la CIPR, publication n° 40, Pergamon Press, Oxford (mai 1984).

Radioactive Materials Transportation Information and Incident Guidance, Département des transports des Etats-Unis, DOT/RSPA/MTB-81/4.

Guidance for Developing State and Local Radiological Emergency Response Plans and Preparedness for Transportation Accidents, *Federal Emergency Management Agency*, FEMA Rep.5 (mars 1983).

Preparedness and Response in Radiation Accidents, Département de la santé des Etats-Unis, FDA83-8211 (août 1983).

Emergency Response Capabilities Developed in the United States to Deal with Nuclear Materials Transportation Accidents, par S.G. Vandevender, R.T. Reese et A.H. Shilling, dans *Proceedings of GTA International Symposium on Packaging and Transportation of Radioactive Material*, Berlin (1980).



Le sujet a survécu: Pour faire au public la démonstration de l'intégrité structurale des châteaux de transport, le Central Electricity Generating Board du Royaume-Uni a procédé, en juillet 1984, à un essai qui a coûté 2,1 millions de dollars — le château de transport a été heurté de plein fouet par une locomotive diesel de 140 tonnes remorquant trois voitures de 35 tonnes et lancée à 160 kilomètres à l'heure. Sous l'effet du choc, le château de transport a été projeté à une soixantaine de mètres et n'a cependant subi que quelques éraflures, sans rien laisser échapper de son contenu — des déchets nucléaires simulés — resté indemne. Le train était détruit. (Photo Central Electricity Generating Board)

atteindre ces vitesses d'impact sur des obstacles que l'on rencontre habituellement, les châteaux devraient être lâchés à des hauteurs variant entre 80 mètres (pour atteindre 145 km/h) et 145 mètres (pour atteindre 190 km/h).

Ainsi, bien que la chute de neuf mètres puisse paraître inoffensive, la présence de la cible rigide génère l'équivalent de vitesses d'impact effectives bien supérieures aux vitesses atteintes par les moyens de transport de surface.

Epreuves de collision et épreuves thermiques

La question se pose toujours de savoir si ces essais recréent vraiment toutes les conditions complexes d'un «accident réel». En outre, certains doutent que les méthodes analytiques utilisées permettent de prédire le dommage qui sera causé par ces conditions d'accident réel.

Pour savoir ce que valent ces méthodes et recueillir des renseignements sur les conditions créées pendant l'accident, on a organisé en 1977 et 1978 une série d'essais comportant de vraies collisions de châteaux de transport de combustible épuisé chargés sur des wagons et sur des semi-remorques.* On a utilisé des châteaux mis hors-service parce qu'ils ne répondaient plus aux normes d'assurance de qualité en vigueur à l'époque. Cinq épreuves ont eu lieu, dont deux collisions de semi-

remorques chargés d'un château de transport. Dans ces deux cas, le véhicule a été lancé contre une masse de béton de 690 tonnes, la première fois à 95 km/h et la seconde fois à 135 km/h. C'est le même château qui a servi aux deux essais, car il n'a été que superficiellement endommagé au cours du premier accident. Lors de la seconde collision, le château a subi une déformation permanente, mais qui demeurait bien en-deçà des limites prévues par l'analyse.

Dans la troisième épreuve, un autre château de transport par camion a été chargé de nouveau sur un semi-remorque et percuté par une locomotive de 120 tonnes lancée à 130 km/h. Sous l'effet du choc, le château a été projeté par-dessus la locomotive puis est retombé en faisant plusieurs sauts périlleux pour enfin s'immobiliser au milieu de la voie ferrée. La locomotive était démolie, mais le château n'était que légèrement endommagé, de nouveau comme l'analyse l'avait prévu.

La quatrième épreuve a consisté à lancer un château de transport ferroviaire contre le même massif de béton de 690 tonnes, à 130 km/h. Le château s'est également comporté comme prévu. On notera que dans les quatre cas ci-dessus, les conditions créées par l'accident correspondaient à celles qui avaient été prédites par les analyses et les calculs.

Pour le cinquième essai, on a utilisé un château de transport ferroviaire placé sur son wagon et on a immergé le tout dans un bassin de 9 X 18 mètres à parois en béton, rempli de kérosène, puis on y a mis le feu. L'épreuve a duré deux heures et trois minutes. On a laissé brûler tout ce temps, car on cherchait à déterminer le comportement total de l'emballage et non à simuler les conditions réelles d'un accident.

* *Analysis, Scale Modeling, and Full-Scale Testing of Shipping Containers for Radioactive Materials*, par H.R. Yoshimura et M. Huerta, Département du commerce des Etats-Unis, National Bureau of Standards, NBS Special Publication 652.

Pour entretenir un feu de cette durée, il a fallu quelque 250 000 litres de combustible. Pendant cette épreuve prolongée, tout le plomb du château a fondu et la température s'est élevée au point que la soupape de sûreté s'est ouverte pour laisser fuser un jet de vapeur. Une fois encore, le château de transport s'est comporté comme l'analyse thermique l'avait prédit.

Aucune des cinq épreuves n'aurait provoqué un rejet significatif de radioactivité dans l'environnement si le château avait contenu du combustible épuisé. Cette série d'essais a fourni des renseignements sur les conditions d'un accident qui viennent à l'appui de la conclusion que la réglementation impose des normes plus sévères que ne l'exige la nature des accidents réels de la circulation routière et ferroviaire. Ces essais ont aussi montré que la méthode analytique est un moyen précis de prédire les dommages qui seront causés et que l'on peut donc faire confiance aux méthodes de conception qui ont fait leurs preuves pour fabriquer des châteaux de transport qui répondent à l'usage que l'on veut en faire.

Les risques dans leur perspective

Le présent article n'a pas pour objet de démontrer que le transport du combustible épuisé ne pose pas de problèmes, mais plutôt de présenter au lecteur un ensemble de faits qui lui permettront de placer la question dans une bonne perspective et de considérer rationnellement la sûreté de ce transport.

Après mûre réflexion, l'auteur est convaincu que la société devrait utiliser les ressources limitées qu'elle consacre à la réduction des risques (et qui en dernier ressort proviennent des contribuables) dans les domaines où elles serviraient le mieux à préserver la santé et à assurer le bien-être du citoyen. Puisque le transport du combustible épuisé et autres matières radioactives a un excellent dossier, qu'il implique un très faible risque pour le public et qu'il est actuellement régi par une réglementation qui pèche plutôt par excès de prudence, il ne semble pas qu'il y ait lieu de plaider ici pour que l'on réduise encore les risques. En vérité, ces risques paraissent presque insignifiants comparés à tous ceux qui sont communément acceptés par le public en général.

