

Le transport commercial de combustible irradié aux Etats-Unis*

par R.M. Jefferson et J.D. McClure

INTRODUCTION

Le présent article, qui a pu être établi grâce aux archives disponibles du Département des transports et de la Commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis, donne des renseignements sur le transport commercial du combustible irradié et des déchets de haute activité tel qu'il se pratique aux Etats-Unis [1]. Il comporte un bref résumé de la politique en matière de combustible irradié et des données relatives aux expéditions de ce pays ainsi qu'un examen des incidents et des accidents survenus dans ce type de transport ou dans des systèmes de transport analogues. Il n'a pas été possible d'obtenir des renseignements détaillés sur le transport et la manutention du combustible irradié provenant des bâtiments construits au titre du programme de propulsion nucléaire de la marine des Etats-Unis. On sait seulement qu'il s'agit d'un programme global prévoyant l'utilisation de châteaux et de systèmes de manutention normalisés pour le transport du combustible irradié de différents ports jusqu'à une usine de retraitement.

POLITIQUE EN MATIERE DE COMBUSTIBLE IRRADIE ET DONNEES RELATIVES AUX EXPEDITIONS AUX ETATS-UNIS [2]

En octobre 1977, le Département de l'énergie des Etats-Unis a annoncé la mise en œuvre d'une politique de stockage du combustible irradié pour les réacteurs nucléaires de puissance. En vertu de cette politique, les compagnies intéressées auront la possibilité de confier le combustible irradié, contre paiement d'une redevance, à la garde du gouvernement. Celui-ci pourra également accepter, si toutefois une telle mesure va dans le sens des objectifs de la non-prolifération, une quantité limitée de combustible irradié en provenance de l'étranger. Le combustible ainsi confié au Gouvernement des Etats-Unis devra être acheminé, aux frais de l'usager, jusqu'à un site de stockage approuvé par ledit Gouvernement.

Aux Etats-Unis, il avait tout d'abord été prévu de retraiter le combustible irradié plusieurs mois après l'avoir déchargé du réacteur, et de recycler l'uranium et le plutonium récupérés dans des délais assez brefs. Le combustible irradié a été expédié vers deux installations de retraitement: la Nuclear Fuel Services à West Valley, New York (actuellement hors service), et la General Electric Company à Morris, Illinois, mais le combustible irradié n'a en fait été retraité qu'à West Valley. L'Allied General Nuclear Services possède également une usine de retraitement située à Barnwell, Caroline du Sud; toutefois, en raison de modifications survenues dans la politique gouvernementale en matière de retraitement, cette installation n'a jamais reçu de combustible irradié.

Environ 2000 assemblages combustibles irradiés ont été expédiés à la Nuclear Fuel Services qui en a retraité une grande partie. La capacité de stockage à West Valley est de 925 assemblages combustibles (pour réacteurs à eau bouillante ou pour réacteurs à eau sous pression). La General Electric a en stock environ 1200 assemblages de types divers et elle dispose d'une capacité de stockage de 700 tonnes qui devrait être augmentée de 1100 tonnes

* Cette étude a été exécutée sous l'égide du Département de l'énergie des Etats-Unis.

MM. Jefferson et McClure travaillent au Nuclear Materials Transportation Technology Department, Sandia Laboratories, Albuquerque, Nouveau Mexique (Etats-Unis d'Amérique).

89 **Tableau 1. Caractéristiques des châteaux de transport de combustible irradié disponibles aux Etats-Unis**

Type du château de transport	Mode principal de transport	Poids chargé (tonnes)	Capacité en éléments PWR/BWR*	Fluide contenu dans la cavité	Dimensions de la cavité (hauteur/diamètre en cm)	Taux nominal de production de chaleur (kW)	Blindage principal	Ecran neutronique	Nombre de châteaux de transport disponibles	Nombre de châteaux de transport commandés
NAC-1	camion	22,25	1/2	eau/air	452/34,2	11,5	plomb et acier	eau boratée antigél	4	—
NFS-4 ^a	camion	22,25	1/2	eau/air	452/34,2	11,5	plomb et acier	eau boratée antigél	2	—
NLI-1/2	camion	21,4	1/2	hélium	452/32	10,6	plomb et acier	eau	5	—
NLI-10/24	rail	86,6	10/24	hélium	404/114	77	plomb et acier	eau	1	—
TN-8	camion/ rail	35,7	3 PWR	air	427/170	35,5	plomb et acier	solide boraté résine	—	4
TN-9	camion/ rail	33,9	7 BWR	air	452/170	21,5	plomb et acier	solide boraté résine	—	4
TN-12 ^b	rail	95,6	12/32	air	465/240	135	acier	solide boraté résine	—	—
GE-1F-300	rail	60,7	7/16	eau/air	458/95,2	61,5	uranium et acier	eau/ glycol	4	—

* Réacteur à eau sous-pression/réacteur à eau bouillante

NAC Nuclear Assurance Corp.
 NFS Nuclear Fuel Services
 NLI National Lead Company
 TN Transnuclear
 GE General Electric Co.

^a NAC-1 et NFS-4 sont du même modèle.
^b La demande d'autorisation du modèle TN-12 est actuellement à l'étude.

U.S. Energy Research and Development Administration, *Alternatives for Managing Wastes from Reactors and Post Fission Operations in the LWR Fuel Cycle*, ERDA-76-43, mai 1976, Vol.3, p.22.13-22.17.

supplémentaires si la demande d'agrandissement est acceptée. Pour traduire ces chiffres en termes d'assemblages combustibles, il suffit de les multiplier par 2 pour le combustible des réacteurs à eau sous pression et par 5 pour le combustible des réacteurs à eau bouillante.

La Nuclear Fuel Services et la General Electric ont chacune utilisé quatre types de châteaux de transport différents: NFS-1, NFS-2, NFS-4 et WECX pour la première de ces deux compagnies (seul le modèle NFS-4 est encore en service), et IF-100, IF-200, IF-300 et NAC-1 (même modèle que le NFS-4) pour la seconde (seuls les modèles IF-300 et NAC-1 sont encore en service). Un état récapitulatif des châteaux de transport de combustible irradié dont on dispose aux Etats-Unis figure au tableau 1.

LE TRANSPORT DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ AUX ETATS-UNIS

L'acheminement des châteaux de transport de combustible irradié peut être considéré comme une opération relativement simple, pour laquelle on fait appel à des transporteurs publics, compagnies ferrovières ou entreprises de camionnage. Parmi celles-ci, la Tri-State Motor Transit Company s'est chargée d'un grand nombre des expéditions effectuées aux Etats-Unis. Elle possède un parc de 10 semi-remorques convenant au transport des châteaux de type NAC-1, NFS-4, NLI-1/2 et également adaptables au transport des châteaux de type TN-8 et TN-9, aussi qu'une semi-remorque servant à véhiculer le château utilisé spécialement pour le combustible du réacteur d'essais Peach Bottom-1. D'autres entreprises de camionnage ont également effectué des expéditions de combustible nucléaire ou se sont montrées intéressées par le transport des matières nucléaires, se présentant ainsi comme d'éventuels transporteurs pour l'avenir.

Aux Etats-Unis les compagnies de chemins de fer ont tenté, à plusieurs reprises, de s'opposer au transport des châteaux de combustible irradié dans les conditions tarifaires en usage pour les transporteurs publics, en avançant que ce genre de transport comportait un risque supérieur à celui qu'accepte habituellement le transporteur (cette réserve s'applique aussi bien aux châteaux de transport vides que chargés). Le litige n'est pas encore réglé. Toutefois, l'Interstate Commerce Commission s'est prononcée sur les trois premiers cas et a conclu que l'expédition de châteaux de combustible irradié ne comportait pas de risques exceptionnels et que les compagnies de chemins de fer devraient traiter ce genre d'opération en qualité de transporteurs publics à condition, bien entendu, que les châteaux soient conformes aux prescriptions définies par le Département des transports et la Commission de réglementation nucléaire, notamment en matière d'emballage. Tous les châteaux véhiculés par rail actuellement autorisés aux Etats-Unis (NLI-10/2 et GE IF-300) exigent des dispositifs de refroidissement auxiliaires installés sur le wagon et des systèmes particuliers de points de fixation. On doit donc se servir de plateformes aménagées à cet effet, et l'on compte disposer de wagons spécialement conçus pour véhiculer les modèles futurs de châteaux de transport.

Toutes les centrales nucléaires en exploitation produisent du combustible irradié qu'elles peuvent ensuite vouloir expédier. Aux Etats-Unis, certaines compagnies d'électricité ont ainsi fait transporter ce combustible jusqu'aux installations de retraitement de la Nuclear Fuel Services ou de la General Electric, ou encore entre les piscines de combustible irradié, à l'intérieur d'une même entreprise ou d'un groupe d'entreprises. Toutefois, la plupart d'entre elles n'ont pas encore amorcé ce processus d'expédition jusqu'à des sites de stockage indépendants d'un réacteur, ou vers des usines de retraitement.

La liste des compagnies qui ont expédié du combustible irradié figure dans le tableau 2. En bref, il ressort de ce tableau que 906 assemblages combustibles irradiés ont été transférés entre piscines installées sur le site d'un même réacteur (c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu

Tableau 2. Expéditions de combustible irradié aux Etats-Unis: Réacteurs de puissance commerciaux (renseignements réunis par Fuel-Trac, Nuclear Assurance Corporation, septembre 1979)

Compagnie/Réacteur	Assemblages expédiés	Date
Carolina Power and Light		
De H.B. Robinson à Brunswick	56	1977-1978
	126	1978-1979
(les expéditions se poursuivront jusqu'à ce que 304 assemblages aient été transférés)		
De H.B. Robinson à INEL	1	1975
De Brunswick 2 à Brunswick 1	144	1978
Commonwealth Edison		
De Dresden 1 à NFS	181	1964
	97	1966
	200	1967
	106	1969
	96	1970
	96	1971
	113	1973
De Dresden 1 à GE-Vallecitos	1	1964
De Dresden 1 à Savannah River	8	1964
De Dresden 1 à B and W-Lynchburg	1	1973
De Dresden 1 à INEL	2	1973
	1	1978
De Dresden 2 à GE-Morris	244	1976
	509	1976-1977
De Dresden 2 à BCL	1	1976
Connecticut Yankee Atomic Power Company		
De Conn Yankee à GE-Morris	80	1974-1975
Consolidated Edison Company		
De Indian Point 1 à NFS	124	1966-1969
	80	1969
	40	1971-1972
Consumers Power Company		
De Big Rock Point à NFS	48	1970
	139	1971
	72	1973
	13	1974
Dairyland Cooperative		
De LaCrosse à Savannah River	1	1973
De LaCrosse à GE-Morris	8	1979
Duke Power Company		
De Oconee à B and W-Lynchburg	1	1975
(et retour)	1	1976
	2	1978
De Oconee à Crystal River	4	1978

Tableau 2 (suite).

Compagnie/Réacteur	Assemblages expédiés	Date
De Oconee à Oconee	131	1976-1977
	153	1978-1979
Florida Power and Light Company		
De Turkey Point à Turkey Point	206	1976-1977
	272	1977-1978
De Turkey Point à BCL	5	1978
Jersey Central Power and Light Company		
De Oyster Creek à NFS	224	1975
Pacific Gas and Electric Company		
De Humboldt Bay à NFS	270	1971
Philadelphia Electric		
De Peach Bottom 2 à INEL	2	1976
Rochester Gas and Electric		
De R.E. Ginna à NFS	121	1973-1975
Southern California Edison		
De San Onofre 1 à GE-Morris	74	1972-1973
	21	1975
	55	1976
	104	1977-1978
	(les expéditions se poursuivront en 1979)	
Wisconsin Electric Power Company		
De Point Beach à NFS	44	1974
	76	1975
De Point Beach à GE-Morris	34	1975
	38	1976
	35	1977
De Point Beach à BCL	2	1976-1977
(puis à GE-Morris)	2	
Yankee Atomic Power Company		
De Yankee Rowe à NFS	74	1964
	39	1965
	37	1966
	38	1967
	36	1968
	36	1970
	36	1971
	36	1972

Abréviations:

INEL – Idaho National Engineering Laboratory	GE – General Electric
NFS – Nuclear Fuel Services	B and W – Babcock and Wilcox
	BCL – Battelle Columbus Laboratories

d'expéditions en dehors du site). En outre, 3891 assemblages combustibles irradiés ont été expédiés des sites de divers réacteurs vers d'autres lieux.

Jusqu'ici, il n'y a pas eu d'expédition de déchets de haute activité dans le cadre des cycles commerciaux du combustible nucléaire aux Etats-Unis. Les déchets de haute activité des installations relevant du programme de défense des Etats-Unis ont été produits et entreposés sur des terrains appartenant à l'Etat et n'ont pas été véhiculés par des transporteurs publics.

ACCIDENTS ET INCIDENTS EN COURS DE TRANSPORT

Depuis 1971, et pour satisfaire à la réglementation du Département des transports, on applique aux Etats-Unis un système uniforme de comptes rendus des incidents relatifs aux matières dangereuses qui couvre l'ensemble des modes de transport. Les transporteurs de matières dangereuses doivent rendre compte audit Département de tous les incidents de transport. Dans le présent contexte, on entend par incident: décès, blessure, endommagement du matériel et dans le cas de matières radioactives, contamination radioactive *présumée*. Le total des incidents relatifs aux matières dangereuses dont il a été rendu compte jusqu'à la fin de 1978 figure au tableau 3.

Tableau 3. Etat récapitulatif des incidents relatifs aux matières dangereuses (1971-78)

	1971-1975	1976	1977	1978	Total (71-78)
Matières radioactives	144	62	93	90	389
Autres matières dangereuses	31 874	12 001	15 384	18 058	77 312
TOTAL	32 018	12 063	15 477	18 143	77 701

Un résumé détaillé des rapports d'incidents relatifs aux matières dangereuses couvrant la période 1971-75 a été établi [3], et les Sandia Laboratories poursuivent actuellement cette analyse pour la période 1976-78. A.W. Grella [3] a établi que les modes de transport routier et ferroviaire, qui conviennent tout particulièrement au transport du combustible irradié, étaient à l'origine de 70 des 144 rapports d'incidents relatifs aux matières dangereuses. 24 de ces 70 rapports d'incidents ont fait état d'une fuite de matières radioactives. A ce sujet, il importe de signaler une distinction que seule une étude détaillée des rapports d'incidents et de la documentation pertinente peut permettre d'établir: les incidents relatifs aux matières dangereuses ne sont pas tous des accidents de transport. Si l'on fait par exemple un examen approfondi des rapports, on s'aperçoit que dans de nombreux cas une contamination sans gravité des châteaux de transport ou des camions s'est produite au cours d'un transport normal (c'est-à-dire sans incident).

Les conclusions présentées dans la référence [3] reposent sur les données relatives aux Etats-Unis pour la période 1971-75 et établissent que les incidents relatifs aux matières radibactives représentent pour cette période un très faible pourcentage du total des incidents relatifs aux matières dangereuses. Les résultats pour 1978 confirment ces conclusions, puisque les incidents relatifs aux matières radioactives ne représentent que 0,5 pour cent de tous les incidents relatifs aux matières dangereuses. Les fuites signalées dans

Tableau 4. Accidents survenus dans le transport des matières du cycle du combustible aux Etats-Unis* (1978) [4]

Date de l'accident	Accident/incident Description	Mode de transport	Matière	Description du colis	Contamination/radioexposition
Févr.78	Remorque endommagée	Route	Combustible à mélange d'oxydes irradié	Château de transport de combustible irradié	Néant
Févr.78	Pas d'accident	Route	Vide	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Févr.78	Pas d'accident	Route	Vide	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Févr.78	Colis tombé du camion	Route	Résines déshydratées	Colis approuvé par le Département des transports	Néant
Mars 78	Pas d'accident	Route	Vide	Château de transport de déchets	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Avr.78	Camion retourné	Route	Vide	Château de transport de déchets radioactifs	Néant
Mai 78	Couvercle du conteneur manquant	Route	Déchets de faible activité	Emballage en contre-plaqué	Néant
Mai 78	Mauvais emballage	Route	Filtres liquides	Colis approuvé par le Département des transports	Néant
Mai 78	Pas d'accident	Route	Combustible épuisé	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport

Date de l'accident	Accident/incident Description	Mode de transport	Matière	Description du colis	Contamination/ radioexposition
Juil.78	Pas d'accident	Route	Déchets solides d'uranium appauvri	Fût de 55 gallons	Légère contamination du camion seulement
Juil.78	Pas d'accident	Route	Vide	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Juil.78	Pas d'accident	Route	Combustible irradié	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Août 78	Le château de transport a rompu la plateforme du camion	Route	Vide	Château de transport de déchets radioactifs	Néant
Août 78	Camion retourné	Route	Déchets solidifiés provenant d'un réacteur	Fût de 55 gallons	Néant
Août 78	Pas d'accident	Route	Combustible irradié	Château de transport de combustible irradié	Légère contamination de la surface extérieure du château de transport
Sept.78	L'étrier de levage a brisé le plancher de la remorque	Route	Etrier de levage contaminé	—	Néant
Déc.78	Camion retourné	Route	Déchets solidifiés d'uranium appauvri	Fûts métalliques	Néant
Déc.78	Gel	Route	Déchets de faible activité	Fût de 55 gallons	Légère contamination du camion seulement

* Phase terminale du cycle du combustible seulement.

l'ouvrage de référence [3] proviennent fréquemment de colis du type A. Toutefois, ces colis contiennent des quantités si peu importantes de matières radioactives que s'il se produisait une fuite de tout le contenu, à la suite d'un accident de transport, il n'y aurait pas de conséquences radiologiques appréciables. Il faut préciser que ces colis n'ont pas, bien entendu, la même intégrité qu'un emballage massif de combustible irradié.

Les Sandia Laboratories étudient actuellement les archives du Département des transports et de la Commission de réglementation nucléaire afin de mettre à jour les travaux de A.W. Grella. Cette étude n'est pas encore achevée, toutefois, il a été possible d'établir un bilan partiel concernant les transports de combustible irradié ou les transports du même type effectués aux Etats-Unis depuis janvier 1978 (tableau 4). Les données proviennent des archives de la Commission de réglementation nucléaire relatives aux incidents survenus en 1978, lors d'expéditions de matières radioactives de toutes les catégories. Il ressort de ce tableau qu'une très petite quantité de combustible irradié est actuellement transportée, comme on l'a déjà mentionné, et que le transport routier est responsable de la plus grande partie des accidents (cette constatation n'est pas surprenante, les transports par chemin de fer occupant une place tout à fait secondaire). Toutefois, les risques radiologiques pour la santé consécutifs à ces accidents ont été limités ou inexistants. Une étude détaillée des rapports d'incidents relatifs aux matières dangereuses montre que dans de nombreux cas, il s'agit d'une contamination des surfaces que la radioactivité atteint par lixiviation, dans des conditions normales de transport (c'est-à-dire sans incident).

CONCLUSION

Cet article avait pour objectif essentiel de communiquer les renseignements dont on dispose sur le transport du combustible irradié aux Etats-Unis. Le nombre limité d'expéditions de combustible irradié produit à l'échelle industrielle par des réacteurs témoigne de la politique suivie par les Etats-Unis dans ce domaine (jusqu'à présent, il n'y a pas eu d'expéditions de déchets commerciaux de haute activité). L'expédition des matières radioactives, sous emballage approuvé, se faisant par transport commercial, nous avons étudié divers accidents survenus récemment dans ce type de transport. Nous avons pu observer que ces accidents n'ont provoqué qu'une contamination radiologique ou une radioexposition très limitée, et le plus souvent nulle. Ces travaux préliminaires entrent dans le cadre des activités actuellement menées pour répertorier et évaluer, à des fins statistiques, les accidents de transport des matières radioactives et, de façon générale, pour déterminer les conditions dans lesquelles se produisent les accidents. Quand cette analyse aura été achevée, on devrait pouvoir établir définitivement le nombre des fuites importantes de radioactivité dues aux Etats-Unis aux emballages de type B utilisés pour le transport du combustible irradié ou des déchets de haute activité. Jusqu'à présent, aucun incident de ce genre n'a été signalé. Ces renseignements, complétés par des analyses des risques plus détaillées, permettront de déterminer systématiquement les dangers éventuels que comportent les opérations de transport des matières radioactives.

Références

- [1] A.K. Bhattacharyya et al., Spent Fuel Casks and Handling Systems in the United States, IEAL-78/003-02/1, International Energy Associates Limited, 2600 Virginia Ave., NW, Washington, DC (novembre 1978).
- [2] Draft Environmental Impact Statement, Storage of US Spent Power Reactor Fuel, DOE/EIS-0015-D, U.S. Department of Energy (août 1978).
- [3] A.W. Grella, "A Review of Five Years Accident Experience in the USA Involving Nuclear Transportation (1971-1975)", IAEA-SR-10/5, Agence internationale de l'énergie atomique, Vienne (août 1976).
- [4] Commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis (mars 1979).