

Le transport du combustible irradié provenant des réacteurs à eau légère en Europe

par H.W. Curtis

Les services de transport du combustible irradié libèrent l'exploitant du réacteur d'un certain nombre de problèmes: la fourniture des châteaux de transport (approuvée conformément aux règlements internationaux et nationaux), une assistance technique pour la manutention et le chargement des châteaux de transport, l'assurance et le respect des conditions requises pour l'indemnisation, la constitution des dossiers et les formalités de douane, ainsi que le transport des châteaux pleins ou vides du réacteur à l'usine de retraitement, conformément aux programmes approuvés. Différents aspects de ces services sont décrits dans le présent article.

MODELES DE CHATEAUX DE TRANSPORT

Il existe plusieurs modèles de châteaux de transport qui ont chacun leurs avantages: châteaux dans lesquels le transfert de chaleur interne est assumé par l'air à la pression atmosphérique ou à une pression légèrement inférieure (châteaux de transport secs) ou par l'eau (châteaux de transport humides), châteaux légers conçus pour le transport routier, ou châteaux lourds surtout destinés au transport par voie ferroviaire ou maritime, avec de lourds trajets routiers, lorsque le réacteur ou l'usine de retraitement ne sont pas reliés au réseau de chemin de fer. Pour les châteaux lourds, on a le choix entre les modèles d'environ 75 tonnes et les modèles "Jumbo" atteignant 100 tonnes. Depuis onze ans que l'on procède au transport du combustible irradié provenant des réacteurs à eau légère, aucun de ces modèles, qui figurent tous actuellement dans le parc européen des châteaux de transport, n'a donné pleine satisfaction.

METHODES DE TRANSPORT A DESTINATION DE WINDSCALE

Le combustible irradié est transporté par route, par chemin de fer et par mer. Le choix de la méthode est dicté en grande partie par la situation géographique de l'usine de retraitement et du réacteur. Le transport des châteaux depuis les sites des réacteurs jusqu'à Windscale s'effectue de diverses manières: chargement au site même sur navire spécialement affrété, transport routier jusqu'au port le plus proche, puis chargement sur navire affrété, chargement sur wagon de chemin de fer directement acheminé sur Windscale ou chargement sur camion à semi-remorque acheminé aussi directement sur Windscale. Du point de vue technique et économique il y a tout à fait intérêt à éviter le plus possible les ruptures de charge. Le passage du transport par route au transport par chemin de fer ou par mer exige l'emploi d'une grue puissante, ce qui est très onéreux, et une surveillance attentive de

M. Curtis est Directeur général de Nuclear Transport Limited, à Risley, Warrington, Royaume-Uni.

l'arrimage après transbordement. Pour les expéditions du continent à destination de Windscale, le transport sans rupture de charge est possible pour les châteaux lourds seulement lorsque le site du réacteur est relié au réseau ferré ou pour les châteaux légers montés sur remorque. Pour le transport routier, on recourt le plus possible à des entreprises locales pour obtenir le tracteur qui tirera la semi-remorque. A la fin de 1978, la répartition des méthodes de transport employées était la suivante:

Mouvements des châteaux de transport par navire affrété:	53
Mouvements des châteaux de transport par rail et ferry boat:	36
Mouvements des châteaux par transroulage:	60

La plus grande partie du combustible à destination de Windscale était contenue dans des châteaux de transport lourds (photo 1). Sur la quantité totale de 267 tonnes de combustible européen parvenue à Windscale à la fin de 1978, 209 tonnes étaient contenues dans des châteaux de transport d'environ 65 tonnes; sur le nombre total de 149 mouvements, 60 ont été faits par châteaux de transport légers, de moins de 40 tonnes. Dorénavant, tous les mouvements entre le port d'arrivée et le site se feront par chemin de fer.

METHODES DE TRANSPORT A DESTINATION DE LA HAGUE

Pour le moment, tous les châteaux de transport doivent arriver à La Hague par la route. Sur 350 châteaux livrés à la Hague avec du combustible en provenance de réacteurs à eau légère, 312 étaient des châteaux légers transportés entièrement par la route (photo 2).

Pour le transport du combustible irradié, on a tendance à utiliser des châteaux lourds et le rail. Les châteaux légers transportés par route sur la totalité du parcours sont réservés pour les cas où pour des raisons d'ordre géographique ce mode de transport présente un avantage important. Toutefois, quand un site de réacteur n'est pas relié au réseau ferré, le gros inconvénient est que les châteaux lourds doivent être acheminés par la route jusqu'à une voie de chargement où il faut louer ou construire une grue spéciale. Dans la plupart des cas, la construction d'une grue fixe se justifiera, car il est trop coûteux d'amener une lourde grue mobile du dépôt le plus proche, qui peut être situé à une distance considérable du réacteur. Il est possible d'envisager sur le plan technique d'autres solutions, par exemple l'emploi de systèmes permettant de monter des trains de roues à la place des boggies, mais la longueur d'un wagon étant de 21 mètres au minimum, on obtiendrait des véhicules routiers extrêmement peu maniables qui ne pourraient peut-être pas emprunter la voie d'accès au réacteur. De plus, un wagon conçu pour rouler à 100 km à l'heure est un matériel plus fragile que les véhicules encombrants normalement utilisés pour le ferroutage. Il est regrettable que l'on construise encore de nombreux réacteurs sans prévoir de moyens pour le transport du combustible irradié par chemin de fer.

PROBLEMES POSES PAR LE TRANSPORT DU COMBUSTIBLE IRRADIE

Le transport du combustible irradié est une activité que l'industrie nucléaire européenne considère largement comme allant de soi. Ce point de vue est peut-être dû au fait que ce service a fonctionné de façon satisfaisante. Néanmoins, on suppose parfois à tort qu'il en va ainsi parce qu'il n'existe aucun problème. Il est vrai qu'un grand nombre des difficultés rencontrées au début, assurance et couverture des risques nucléaires, formalités douanières, approbation réglementaire émanant d'un grand nombre d'autorités différentes (plus de 20 par campagne dans certains cas), disparaissent au fur et à mesure que l'on acquiert de l'expérience. De nombreux problèmes subsistent néanmoins et de nouveaux se posent une fois que les anciens sont résolus. Certains des problèmes les plus fréquents sont exposés ci-après:

Impuretés

Pour la mise au point des châteaux de transport, on s'est fondé sur l'hypothèse qu'à son déchargement du réacteur, le combustible à base d'oxydes d'uranium avec gaine de zircaloy présenterait une surface raisonnablement lisse. En fait, les combustibles provenant de presque tous les réacteurs à eau bouillante et de certains réacteurs à eau sous pression sont couverts d'impuretés incrustées qui se détachent de la surface pendant le chargement et le transport et pendant le déchargement à l'usine de retraitement. Ces impuretés s'accumulent entre les deux parois des modèles de châteaux renforcés, ainsi qu'à l'intérieur et autour des orifices, ce qui augmente la radioexposition du personnel chargé de la manutention. A Windscale, pour résoudre ce problème, on a placé le combustible transporté dans des "bouteilles" que l'on peut rincer dans le bassin pour enlever les impuretés avant de retirer le couvercle pour décharger le combustible livré. Toutefois, l'emploi des "bouteilles" réduit la capacité des châteaux de transport dans une proportion pouvant atteindre 30 pour cent. A La Hague, on s'est moins servi des châteaux de transport à doubles parois et le combustible livré provient surtout de réacteurs à eau sous pression. En conséquence, un rinçage intensif avant le déchargement a été tenu pour acceptable jusqu'à présent. L'activité de l'eau après chargement du château est mesurée et approuvée avant l'expédition pour assurer que l'état du combustible permet sa réception à La Hague.

Combustible défectueux

Les usines de retraitement n'acceptent pas normalement de combustible défectueux. Ou alors il s'agit de combustible transporté dans des capsules scellées qu'il n'est pas nécessaire d'ouvrir avant stockage dans le bassin de l'usine de retraitement. Du fait de la taille des capsules, il faut généralement prévoir de nouveaux supports et la réduction de la capacité du château de transport peut atteindre jusqu'à 40 pour cent.

Critères relatifs à la criticité

Le Règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA sert de référence pour déterminer si, du point de vue de la criticité, il est possible de transporter les châteaux contenant le combustible irradié. Etant donné la grande quantité et la diversité des châteaux de transport et du combustible que reçoit une usine de retraitement, on a maintenant tendance à fixer des critères plus rigoureux. On exige notamment qu'indépendamment de l'état d'irradiation du combustible, K_{eff} ne dépasse pas 0,95 pour trois écarts probables. Dans certains cas, cette règle limitera la capacité d'un château de transport à une quantité de combustible inférieure à celle qu'il peut matériellement contenir.

Contamination des châteaux de transport

La contamination externe des châteaux de transport pose des problèmes dus à un "suintement" des surfaces peintes comme des surfaces d'acier inoxydable longtemps après que celles-ci ont été décontaminées et considérées comme propres. On pourrait résoudre le problème en nettoyant d'abord le château de transport jusqu'à ce que la radioactivité soit égale à un dixième de la valeur limite autorisée de manière que les suintements ultérieurs restent compris dans cette limite, mais il vaut mieux protéger la surface des châteaux de transport du contact avec l'eau contaminée du bassin en utilisant des chemises de matière plastique ou de métal ou des revêtements adhésifs amovibles. Une chemise de métal rigide recouvrant toute la partie à ailettes du château de transport a été mise au point et est utilisée à l'usine de retraitement de La Hague ainsi que dans un certain nombre de réacteurs.

Accès au réacteur

On a mentionné les difficultés que soulève l'accès des véhicules au site du réacteur, mais des problèmes également graves peuvent se poser à l'intérieur du bâtiment du réacteur. Lors



Photo 1. Château de transport NTL 11 de 75 tonnes monté sur un véhicule routier.



61 Photo 2. Château de transport NTL 8 de 36 tonnes sur camion à semi-remorque.

de la conception des réacteurs de la première génération, on s'est peu préoccupé des problèmes du transport du combustible irradié et du parcours que le château de transport devrait suivre à travers le bâtiment. Ces réacteurs imposent des limites très strictes à des facteurs aussi essentiels que la longueur et le poids du château de transport. Le parcours après déchargement est tortueux, et il n'est pas toujours compris dans le rayon d'action de la grue, ce qui oblige à traîner le château de transport horizontalement. On peut citer aujourd'hui des exemples de réacteurs de construction récente, avec embranchement particulier, mais où le wagon le moins long apte à transporter un château lourd ne peut être admis dans le sas. Ailleurs, le wagon peut entrer dans le sas, mais il ne peut être placé dans la position voulue pour qu'il soit possible d'attacher l'étrier de levage de la grue et de mettre le château à la verticale.

Entretien des véhicules

Etant donné qu'une simple halte au bord de la route à la suite d'une crevaison peut facilement être qualifiée par les moyens d'information d' "incident nucléaire", il est indispensable que les véhicules soient tenus dans le meilleur état possible de manière à prévenir les pannes. S'il n'est pas nécessaire que la qualité du transport soit exceptionnelle, il est indispensable que tous les véhicules et le matériel auxiliaire soient absolument conformes aux normes.

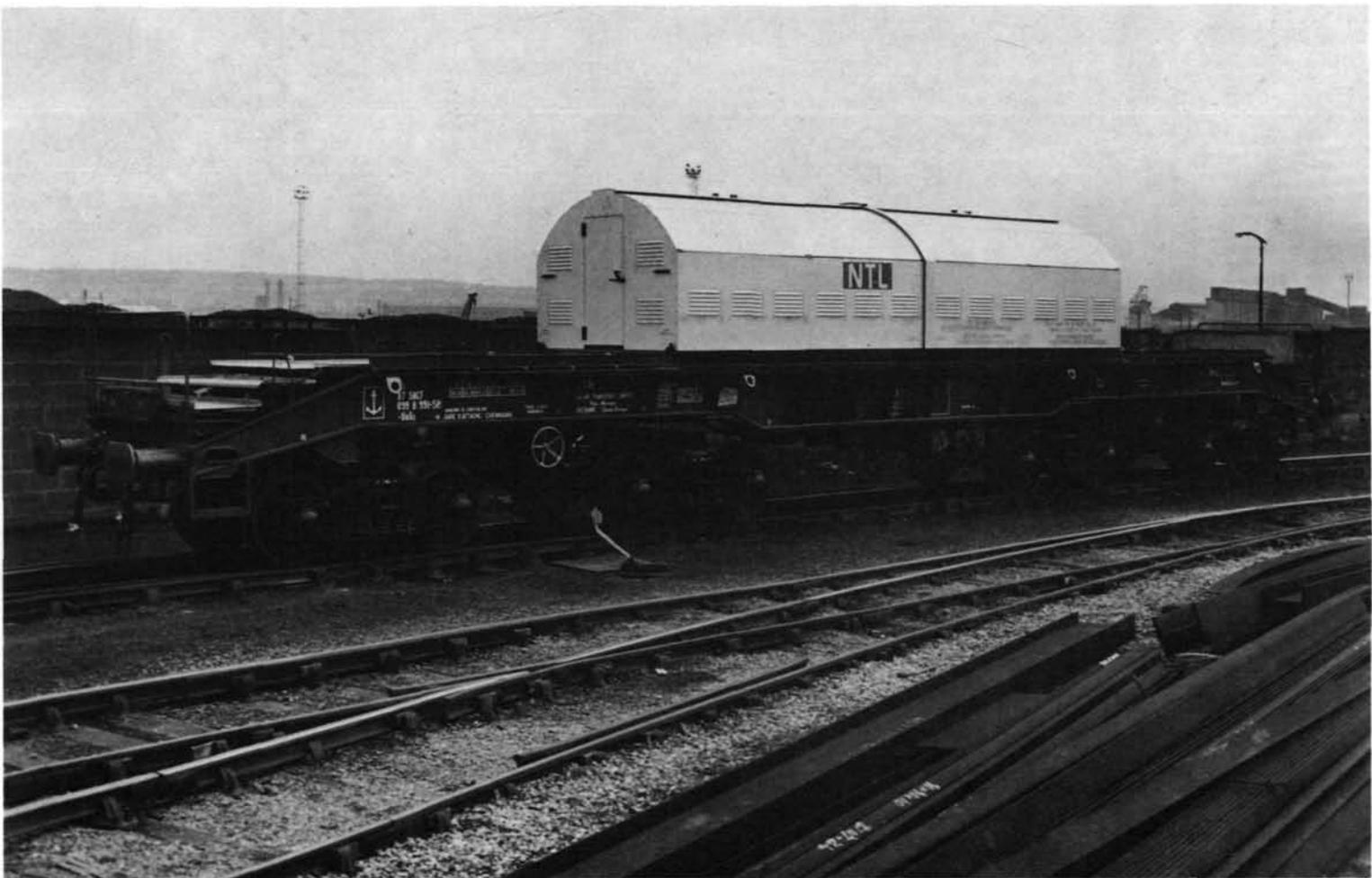
Contrôle des opérations

En dehors des problèmes opérationnels et techniques, le caractère international du transport du combustible irradié soulève des problèmes d'organisation. Ce service est assuré par une compagnie internationale (Nuclear Transport Limited), qui est enregistrée en Angleterre où elle a son siège. Toutefois, cette société ne pourrait s'acquitter de ses fonctions à partir du Royaume-Uni sans l'appui du personnel de bureaux situés à Paris et Hanau. En liaison avec le siège, ces bureaux se tiennent en rapport étroit avec les réacteurs dont ils sont chargés, obtiennent les approbations nécessaires et assurent le contrôle quotidien des opérations de transport. L'un quelconque des trois centres peut aussi fournir une assistance technique sur demande.

Le transporteur assure la liaison entre le réacteur et l'usine de retraitement et doit s'efforcer de répondre aux besoins de l'un et de l'autre. En fait, le transport du combustible irradié ne saurait s'effectuer de façon satisfaisante si le responsable du retraitement et le transporteur ne collaborent pas étroitement pour l'étude des questions techniques ou opérationnelles et de la programmation. C'est pourquoi le retraitement et le transport sont des services liés, qu'il serait imprudent de séparer l'un de l'autre.

La programmation de campagnes de transport pour vingt et un réacteurs donne aussi lieu à des problèmes considérables. Les besoins en châteaux de transport sont évalués au moins deux ans à l'avance et déterminent la capacité de transport disponible. Les campagnes de transport sont organisées en fonction des besoins des réacteurs où après chaque arrêt, on doit enlever le combustible déchargé avant l'arrêt suivant. Une capacité excédentaire d'environ 40% est prévue pour faire face aux nécessités de l'entretien, aux demandes concurrentes des programmes de réacteurs utilisant les mêmes châteaux de transport ou autres éventualités. Le système fonctionne de manière satisfaisante tant qu'il ne se produit pas d'incidents graves, tels que l'impossibilité complète pour des raisons techniques ou autres d'effectuer le déchargement à l'usine de retraitement. Lorsque ce problème a été résolu,

Photo 3. Wagon de chemin de fer spécialement conçu pour l'acheminement des châteaux de transport de combustible irradié. ►





il est évident que la capacité de transport disponible reste insuffisante jusqu'à ce que le retard soit rattrapé et qu'un retour à l'équilibre ait été réalisé. Pendant ces périodes difficiles, le parc de châteaux de transport se révèle insuffisant.

SURETE

Le transport du combustible irradié est exécuté conformément aux dispositions du Règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA qui font l'objet d'un autre article dans le présent numéro. Au chapitre de la sécurité du transport du combustible irradié, nous pouvons être bref car aucun accident ne s'est produit, en grande partie grâce au Règlement en question. L'édition de 1973 de ce texte a réduit les taux de rejet de radioactivité autorisés à la limite permise par l'état des techniques, d'où un renforcement des procédures et un accroissement des facteurs de sécurité.

TENDANCES FUTURES

Sur 350 transports de combustible à base d'oxydes à destination de La Hague, 312 ont été effectués dans des châteaux légers voyageant entièrement par la route, avec une charge d'environ 1,2 tonne d'uranium. Ce système assure un transport efficace et économique. Néanmoins, la situation évolue rapidement du fait de la pression exercée par les responsables du retraitement et les exploitants de réacteurs, qui voudraient réduire le plus possible le nombre de châteaux à manipuler par charge de réacteur. On a donc été amené à mettre en service des châteaux lourds, de 75 à 100 tonnes, pouvant contenir de 1,2 à 5 tonnes d'uranium (photo 4). Ces châteaux lourds ne peuvent être transportés que par chemin de fer ou par mer et le facteur limitatif devient alors la dimension et la forme du profil ou du gabarit de la voie ferrée. Avec l'introduction des châteaux lourds, on a dû également mettre au point un wagon de chemin de fer spécial à huit essieux pouvant transporter ces chargements aux vitesses des trains de marchandises normaux (photo 3).

On demande souvent pourquoi le parc européen de châteaux de transport contient tant de modèles différents et pourquoi il n'a pas été possible de les normaliser. Le transporteur souhaiterait évidemment pouvoir travailler avec un modèle unique, mais ceci est techniquement impossible, même avec les réacteurs les plus modernes. Un château de transport conçu pour répondre aux besoins des cinq réacteurs allemands à eau sous pression serait trop long et trop lourd pour les réacteurs allemands à eau bouillante. Un château de transport étudié pour d'autres réacteurs à eau sous pression ou à eau bouillante ne pourrait être manipulé dans aucun des réacteurs de la première génération comme ceux de Gundremmingen, Obrigheim, Sena, Zorita, Garigliano et Trino.

Néanmoins, on a maintenant tendance à utiliser un seul type de château lourd par usine de retraitement, en y adjoignant un petit nombre de châteaux légers pour les cas particuliers. Toutefois, les anciens châteaux de transport ou d'autres du même modèle resteront nécessaires pour un grand nombre de réacteurs actuels.

Au début, le transport du combustible irradié n'exigeait qu'un parc limité de châteaux polyvalents pouvant être transférés rapidement d'un réacteur à l'autre. L'affectation d'un ou deux châteaux à chaque réacteur aurait eu pour effet de rendre l'opération très peu rentable et aurait exigé un parc de châteaux beaucoup plus important qu'il n'était nécessaire. Parallèlement à l'effort de normalisation, on tendra à affecter des châteaux bien déterminés à des pays puis à des filières ou à des réacteurs donnés. Cette tendance est une

◀ Photo 4. Château de transport NTL 12 de 100 tonnes couché sur un wagon de chemin de fer.

conséquence naturelle du fait que le tonnage annuel déchargé d'un réacteur moderne est jusqu'à cinq fois plus élevé que celui d'un petit réacteur de la première génération et qu'il deviendra justifié d'affecter un ou deux châteaux de transport à un seul réacteur. A mesure que le parc de châteaux de transport s'accroît, la capacité excédentaire de 40% représente une réserve beaucoup plus importante qui permettra de faire face plus facilement aux problèmes rencontrés dans l'exécution des programmes prévus.

Sous réserve de la disponibilité des moyens de déchargement à l'usine de retraitement, le transport international du combustible à base d'oxydes irradié en Europe s'est effectué de façon satisfaisante au cours des onze dernières années. L'échelle des opérations augmentera à l'avenir à mesure qu'un plus grand nombre de réacteurs seront mis en service. L'accroissement du parc de châteaux de transport et de sa capacité de réserve, l'emploi de châteaux de plus grandes dimensions et la tendance à la normalisation contribueront à améliorer la souplesse et l'efficacité du service.