WNTI

World Nuclear Transport Institute

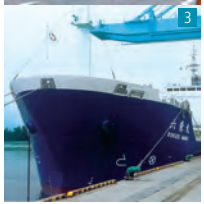
BROCHURE

Le transport dans le cycle du combustible nucléaire

Matériaux de l'aval du cycle

Dédié au transport sûr, efficace et fiable des matières radioactives

Le transport dans le cycle du combustible nucléaire - Matériaux de l'aval du cycle



Introduction

Aujourd'hui, l'énergie nucléaire fournit environ 14% de l'énergie mondiale, permettant pour des millions de gens l'accès à une source d'énergie propre, sans émission de carbone et économique. La production d'électricité à partir de réacteurs nucléaires requiert depuis plusieurs décennies la mise en place d'une large gamme de transport de différentes matières radioactives. Ces transports sont présents à tous les stades du cycle du combustible, de l'extraction d'uranium au retraitement des déchets en passant par la fabrication du combustible et son chargement dans les réacteurs.

Le transport des matières radioactives est régi de manière très stricte par un système de règlements internationaux, leur application ayant débouché sur un impressionnant record en termes de sûreté. Depuis un demi-siècle, il n'y a jamais eu un seul incident de transport qui a entraîné un relâchement radiologique significatif nuisible à l'homme ou à l'environnement.

On distingue deux phases dans le cycle du combustible nucléaire, la phase dite « amont » et celle dite « aval ». La partie en amont regroupe toutes les activités allant de l'extraction d'uranium à la fabrication du combustible et son chargement dans les réacteurs, ce qui comprend les transports de minerai d'uranium vers les usines de transformation en hexafluorure d'uranium, puis vers les installations d'enrichissement ; de là jusqu'aux fabricants d'éléments combustibles, et enfin la livraison de ce combustible aux différentes centrales. La partie aval couvre toutes les opérations relatives au combustible usé, c'est-à-dire le transport du combustible depuis les centrales nucléaires vers les usines de traitement pour recyclage et la gestion des déchets. Parfois, dans l'attente d'une solution définitive, ces déchets sont placés dans des centres d'entreposage de manière temporaire.

Cette brochure explicative détaille le transport durant la phase aval du cycle du combustible.

Quelles sont les matières de l'aval ?

Le combustible utilisé dans une centrale nucléaire génère de l'électricité durant trois à cinq ans. Passé ce délai, il devient moins efficace et nécessite d'être remplacé. Le combustible usé contient toujours 96% d'uranium, mais également 1% de plutonium et 3% de déchets. A ce stade le combustible usé peut soit être entreposé en attendant son stockage définitif, soit être traité afin de récupérer l'uranium et le plutonium.

L'uranium ainsi récupéré peut être recyclé. Le plutonium produit dans le réacteur étant fissile, il peut à nouveau provoquer une réaction en chaîne. Pour exploiter cela, il est combiné à de l'uranium dans ce que l'on appelle du combustible MOX (Mixed Oxyde). Les déchets restant sont quant à eux coulés lors d'un processus de vitrification dans un verre solide et insoluble puis entreposés jusqu'à leur stockage final, par exemple en couche géologique profonde.

Pourquoi les matières de l'aval sont-elles transportées ?

Une fois le combustible usé retiré du réacteur, il peut soit être entreposé temporairement sur le site, soit être envoyé dans un centre d'entreposage temporaire, soit être transporté vers l'usine de traitement. Les transports vers les centres de stockage sont normalement locaux, alors que les transports vers les usines de retraitement peuvent être internationaux.

Un grand nombre de pays comme le Japon, l'Allemagne, la Suisse, la Belgique, les Pays- Bas, la France, la Russie, l'Inde et le Royaume-Uni recyclent tout ou partie de leur combustible usé. Les principales installations commerciales de retraitement et de recyclage du combustible se situent en France et au Royaume Uni. Les pays qui décident d'y envoyer leur combustible usagé pour traitement et recyclage restent propriétaires de tous les produits, y compris les déchets qu'ils doivent à terme récupérer. Apres leur retour dans leur pays d'origine, les déchets sont entreposés en attendant leur stockage final. Le plutonium, retourné sous forme de combustible MOX, est de nouveau chargé dans les réacteurs pour produire de l'électricité.

Le transport des matières de l'aval a commencé à se faire à l'échelle industrielle au début des années 60, quand de nombreux pays dans le monde ont adopté le nucléaire

comme source d'énergie. Le combustible usé a été la première de ces matières à être transportée. Plus tard, le plutonium a été renvoyé au pays d'origine, d'abord sous forme de poudre, puis sous forme de MOX. Le premier transport de déchets vitrifiés de haute activité a eu lieu en 1995 et beaucoup de transports de ce type ont depuis été organisés par bateau et par train.

Comment les matières sont-elles transportées ?

Une réglementation complète, rigoureuse et à vocation universelle

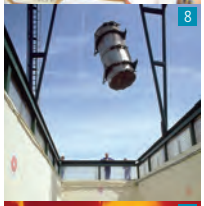
Le transport des matières de la phase aval, comme tout transport de matières radioactives, est strictement réglementé afin de protéger les personnes, les biens et l'environnement. Le Règlement de l'AIEA sur la sûreté des matières radioactives a été publié initialement en 1961 et a été tenu régulièrement à jour pour prendre en compte les avancées scientifiques et technologiques. Aujourd'hui le Règlement de l'AIEA a été adopté et sert de base à la règlementation de près de soixante Etats Membres. De plus, les principales organisations internationales ayant des responsabilités dans les transports terrestres, maritimes, aériens et fluviaux ont incorporé le Règlement de l'AIEA à leurs propres règlements. Les Recommandations des Nations Unies sur le Transport de Marchandises Dangereuses ont toujours fait référence au Règlement de l'AIEA et la dernière édition publiée en 2005 les intègre entièrement. Par suite, le Règlement de l'AIEA s'applique pratiquement partout dans le monde.

Les matières aval transportées se présentent principalement sous forme solide

La nature solide des produits –le combustible usé, le combustible MOX, et les déchets vitrifiés de haute activité- constitue un important facteur de sûreté. Ces matières se caractérisent par une stabilité à long terme, une faible solubilité dans l'eau, et resteraient sous forme solide quel que soit le type d'accident pouvant survenir. Le combustible neuf et le combustible usé sont tous les deux constitués de solides pastilles de céramique contenues dans des tubes de métal en zirconium. La différence entre les deux types de matière repose dans leur composition ; le combustible usé contient de l'uranium (96%), du plutonium (1%) et d'autres produits issus de la fission (3%), ce qui le rend hautement radioactif.

Le combustible neuf est revanche composé d'oxydes d'uranium et/ou de plutonium et possède un plus faible niveau de radioactivité. Dans le cas des déchets vitrifiés hautement radioactifs, le processus de vitrification permet aux produits de la fission d'être mélangés à un verre spécial qui est ensuite coulé dans un conteneur en acier inoxydable où il se solidifie. Au final, les produits de fission sont immobilisés et la matrice de verre est protégée par le conteneur inoxydable.

7


8

9

Les matières issues de l'aval du cycle sont transportées dans des emballages spécifiques

En accord avec le Règlement de l'AIEA, le combustible usé, le combustible MOX et les déchets vitrifiés sont transportés dans des emballages spécialement conçus, dits de type B et appelés parfois châteaux. Ils sont parfaitement adaptés à la matière à laquelle ils sont destinés, fournissant une protection adéquate aux personnes, aux biens et à l'environnement contre les effets directs et indirects des rayonnements, même en cas d'accident. Les emballages de type B vont de la taille d'un fût jusqu'à celle d'un camion, mais sont toujours fortement blindés et hautement résistants.

Les emballages sont soumis à des épreuves extrêmes

La philosophie du Règlement de l'AIEA est que la sûreté doit être garantie par l'emballage, et ce quelque soit le moyen de transport utilisé. D'après ce Règlement, les emballages doivent résister à toute une série d'épreuves de chute, d'immersion et d'exposition à un incendie :

- Deux épreuves de chute, l'une d'une hauteur de neuf mètres sur une surface rigide indéformable et l'autre d'une hauteur d'un mètre sur un poinçon d'acier vertical. Ce test peut être répété sous différents angles de chute.
- Une épreuve de résistance au feu durant lequel l'emballage est enveloppé dans un incendie de 800 degrés pendant 30 minutes.
- Une épreuve d'immersion durant laquelle l'emballage est mis dans des conditions équivalentes à 15 mètres de profondeur durant 8 heures. Pour les emballages destinés aux matières les plus radioactives il y a une immersion supplémentaire à une profondeur de 200 mètres pendant 1 heure.

Ces épreuves garantissent que les emballages peuvent résister à des accidents imaginables durant un transport,

10

11

12

comme par exemple des chocs, des incendies ou des immersions, et, dans le cas des matières fissiles, qu'aucune réaction en chaîne ne puisse survenir. Tout emballage de type B doit être approuvé par les autorités de sûreté nationales. Une fois la conception de l'emballage approuvée, il peut être utilisé pour le transport de surface par camion, train ou bateau.

Les règlements ont aussi introduits les emballages désignés type C pour le transport de matières par voie aérienne. Les exigences d'un emballage de type C incluent des épreuves supplémentaires pour s'assurer qu'il maintiendrait son intégrité lors d'un accident aérien. Ce type d'emballage n'a pas encore été développé.

Les démonstrations de sûreté

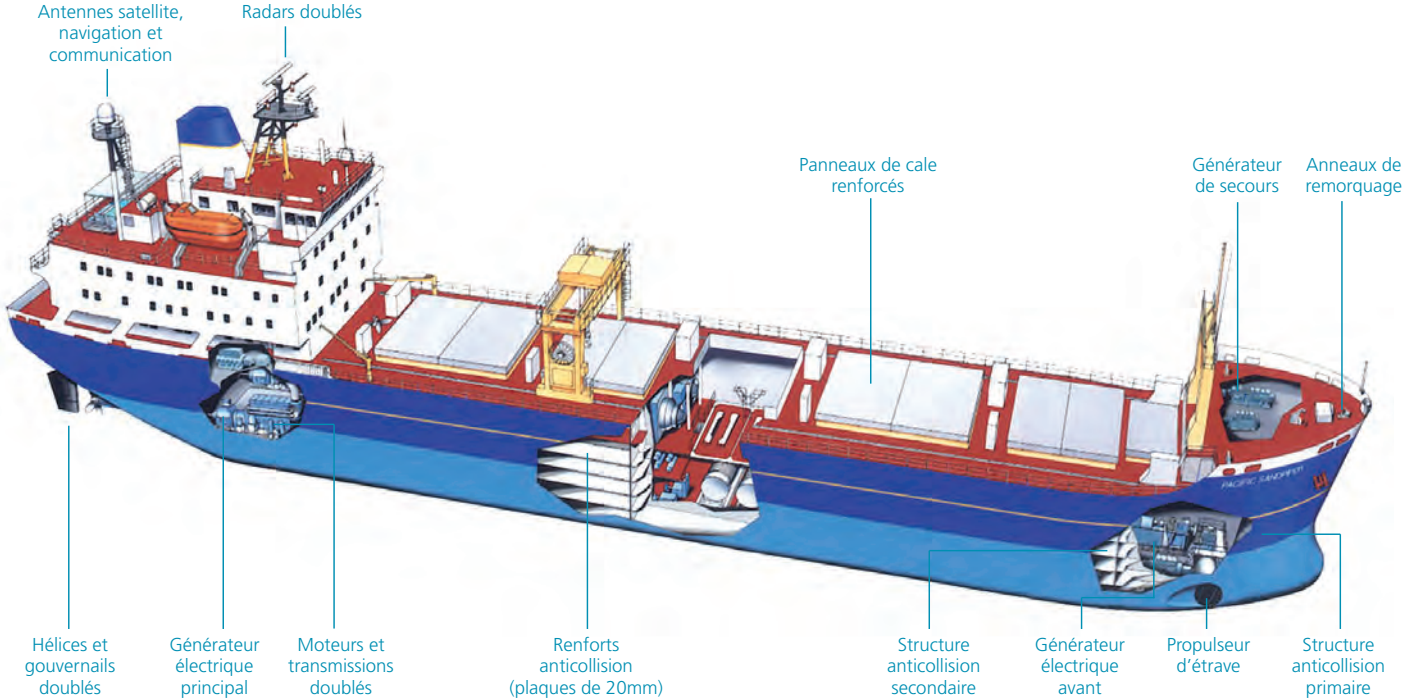
Plusieurs tests ont été menés pour illustrer la large marge existante en termes de sûreté et de robustesse des emballages de type B. C'est ainsi que des ingénieurs et scientifiques des Laboratoires Nationaux américains Sandia ont mené toute une série de tests dans les années 70 et 80 sur des emballages de type B. Par exemple des camions transportant des emballages étaient lancés à 100 puis 140 km/h contre des murs de béton de 3 mètres d'épaisseur. De même une locomotive diesel a percuté un emballage de type B à 130 km/h sur un passage à niveau.

De la même façon un électricien britannique a mené une démonstration publique en 1984 durant laquelle un train de 140 tonnes circulant à 160 km/h percutait un emballage de type B. Les observations après tous ces essais ont montré que les emballages n'ont souffert que de dégâts superficiels et n'auraient pas relâché leur matière. Bien que spectaculaires, ces démonstrations ne sont pas aussi sévères que la série de tests menée par l'AIEA, décrite précédemment. Ceci montre que les épreuves réglementaires de l'AIEA sont bien plus sévères que les accidents réels.

Les transports maritimes : des navires spécialisés

Dans le cas d'un transport maritime de matières de l'aval, la conception du navire complète la sûreté fournie par l'emballage. En 1993, l'OMI a introduit le Code International de Règles de Sécurité pour le Transport de Combustible Nucléaire Irradié, de Plutonium et de Déchets Hautement

Caractéristiques d'un navire spécialisé



Radioactifs en Colis à Bord de Navires (Code INF), complétant ainsi le Règlement de l'AIEA. Ces exigences complémentaires couvrent principalement la conception du navire, sa structure et son équipement. Le code INF a été adopté en 1999 et rendu obligatoire en janvier 2001. Il a introduit des mesures avancées en termes de sûreté pour les navires transportant du combustible usé, du combustible MOX ou des déchets vitrifiés à haute activité. La conception de base des navires répondant au plus haut niveau de protection du code (connu comme INF classe 3) comprend une double coque renforcée par des structures anticollision et la duplication et séparation de tous les systèmes essentiels afin de fournir une fiabilité maximale en cas d'accident. Depuis plus de 3 décennies, des navires répondant aux exigences INF3 ont été utilisés pour transporter les matières en aval du cycle, entre l'Europe et le Japon.

Les compagnies de transport spécialisées

Les compagnies de transport spécialisées ont une longue expérience du transport des matières de l'aval du cycle depuis les années 60. Ces compagnies ont développé des systèmes de transport évolués et gèrent avec précaution les transports internationaux de matières de l'aval du cycle suivant la règlementation internationale. Ainsi des plans d'intervention complets et efficaces sont en place, comprenant des mesures d'urgences adaptées à tout mode de transport. Tout ceci est régulièrement éprouvé pour assurer que la santé publique et l'environnement seraient bien protégés dans l'hypothèse d'un accident.

Les faits parlent d'eux même

Le transport international de matières du cycle du combustible nucléaire a joué un rôle décisif en permettant d'apporter les bienfaits de l'énergie nucléaire à travers le monde. Ces transports sont intervenus à tous les niveaux du cycle du combustible, que ce soit l'extraction d'uranium, la fabrication et le retraitement du combustible ou la gestion des déchets. Le transport des matières du cycle du combustible est étroitement encadré pour en garantir la sûreté, non seulement dans des conditions normales mais aussi dans des conditions accidentelles envisageables lors de transport. En plus d'un demi-siècle, il n'y a jamais eu d'incident de transport qui a entraîné un relâchement radiologique significatif nuisible à l'homme ou à l'environnement.

Références

1 Les Laboratoires Sandia sont parmi les principaux laboratoires nationaux de recherche des États-Unis d'Amérique. Ils dépendent du Département de l'Énergie des États-Unis et sont gérés par la Sandia Corporation, filiale du groupe Lockheed Martin Corporation. Ils sont chargés de développer un grand nombre de projets de recherche.

2 « We crash, burn and crush »; l'histoire des emballages aux Laboratoires Sandia de 1978-1997, CJ Mora et P. McConnell, 12e conférences internationales sur l'emballage et le transport des matières radioactives (PATRAM 98), p1616

3 « Transporting Spent Nuclear Fuel : An Overview », Département de l'Energie des Etats-Unis, Bureau de la gestion des déchets radioactifs civils, Mars 1986

Photographies

1 Transport ferroviaire de combustible usé au Royaume-Uni
2 Transport routier de combustible usé au Japon
3 Navire spécialisé, port de Mutsu-Ogawara, Japon
4 Pastille de combustible MOX
5 Assemblages de combustible MOX
6 Opération de déchargement d'emballage contenant du combustible MOX
7 Des programmes informatiques avancés sont utilisés dans la conception des conteneurs
8 Test de chute de l'AIEA
9 Test incendie de l'AIEA
10 Opérations de déchargement
11 Navire spécialisé
12 Chargement d'un emballage de déchets vitrifiés hautement radioactifs

WNTI

WORLD NUCLEAR TRANSPORT INSTITUTE

Remo House
310-312 Regent Street
Londres W1B 3AX
Royaume-Uni
Tel: +44 (0)20 7580 1144
Fax: +44 (0)20 7580 5365
Site Internet: www.wnti.co.uk
Courriel: wnti@wnti.co.uk

THE BRITISH ASSESSMENT BUREAU
ISO9001
UKAS MANAGEMENT SYSTEMS
4307

FS4_FR_MAR13_V2