

The logo for the World Nuclear Transport Institute (WNTI) is located in the top right corner. It consists of the letters 'WNTI' in a white, serif font, set against a teal rectangular background. A thin white horizontal line is positioned below the letters.

WNTI

WORLD NUCLEAR TRANSPORT INSTITUTE

BROCHURE

Le transport dans le cycle du combustible nucléaire

Dédié au transport sûr, efficace et fiable des matières radioactives

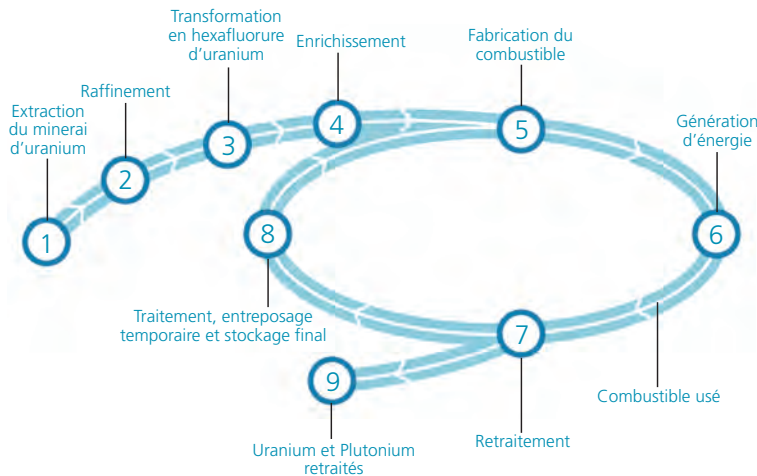


Le transport dans le cycle du combustible nucléaire

Le cycle du combustible nucléaire

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. Pour perpétuer cette importante source d'énergie, il est essentiel que les matières du cycle du combustible nucléaire continuent à être transportées de manière sûre et efficace.

Le cycle du combustible nucléaire



Le transport des matières nucléaires est rigoureusement réglementé et possède un impressionnant record en termes de sûreté sur plusieurs décennies.

Le cycle du combustible peut être divisé en ce que l'on appelle l'amont et l'aval.

L'amont

L'amont regroupe les opérations suivantes :

- Extraction du minerai d'uranium
- Transformation en hexafluorure d'uranium
- Enrichissement
- Fabrication du combustible :
 - L'uranium enrichi est conditionné en pastille
 - Les pastilles sont conditionnées en assemblage combustible



Fabrication du combustible

Une pastille combustible pèse environ 10 grammes et produit l'équivalent en énergie d'environ 30 tonnes de charbon ou 20 000 litres de pétrole. Les pastilles de combustibles sont superposées dans des tubes de zirconium qui sont à leur tour montés en assemblages combustibles pour leur transport depuis les usines de fabrications vers les réacteurs des centrales. Ils sont transportés dans des emballages en acier spécialement conçus et particulièrement robustes. La conception et la configuration des emballages pendant le transport garantissent qu'aucune réaction en chaîne ne puisse se produire.

L'aval

L'aval du cycle du combustible nucléaire couvre toutes les opérations à partir du retrait du combustible du réacteur nucléaire, ce qui inclut le transport du combustible usé vers les centres de traitement pour être recyclé, et le transport des produits obtenus. Une autre alternative consiste à transporter le combustible usé dans des installations d'entreposage temporaire en attendant son stockage final.

Le retraitement

Le combustible utilisé dans une centrale nucléaire génère de l'électricité pendant environ 5 ans. Après cela il devient moins efficace et nécessite d'être remplacé. Le combustible usé est hautement radioactif ; il contient toujours 96% d'uranium, mais aussi 3% de déchets et 1% de plutonium. A ce niveau, le combustible usé peut soit être entreposé en attendant son stockage final, soit être traité pour récupérer l'uranium et le plutonium.

L'uranium ainsi récupéré peut être recyclé. Le plutonium produit dans le réacteur est, par contre, une matière fissile, c'est-à-dire qu'il peut entraîner une réaction en chaîne. Il est alors combiné à l'uranium pour produire du combustible MOX (mélanges d'oxydes). Les 3% de déchets à haute activité sont coulés dans un verre solide et insoluble par un processus de vitrification puis sont renvoyés vers le pays d'origine pour un stockage définitif.

La nature solide des matières de la phase aval – combustible usé, combustible MOX, et résidus vitrifiés de haute activité- constitue la plus importante barrière

de protection. Les matières se caractérisent par une stabilité à long terme et une faible solubilité dans l'eau, et resteraient sous forme solide dans n'importe quelle situation accidentelle.

Le transport d'emballages dans l'aval

Les matières de l'aval sont transportées dans des emballages spécialement conçus pour le transport, appelés emballages ou parfois châteaux.



Les emballages contenant des matières radioactives ont été transportés en toute sûreté partout dans le monde pendant plus d'un demi-siècle. Ils sont conçus spécialement pour les matières qu'ils contiennent. Ils garantissent aux personnes, aux biens et à l'environnement une protection contre l'effet des rayonnements et sont conçus pour résister à de violents accidents.



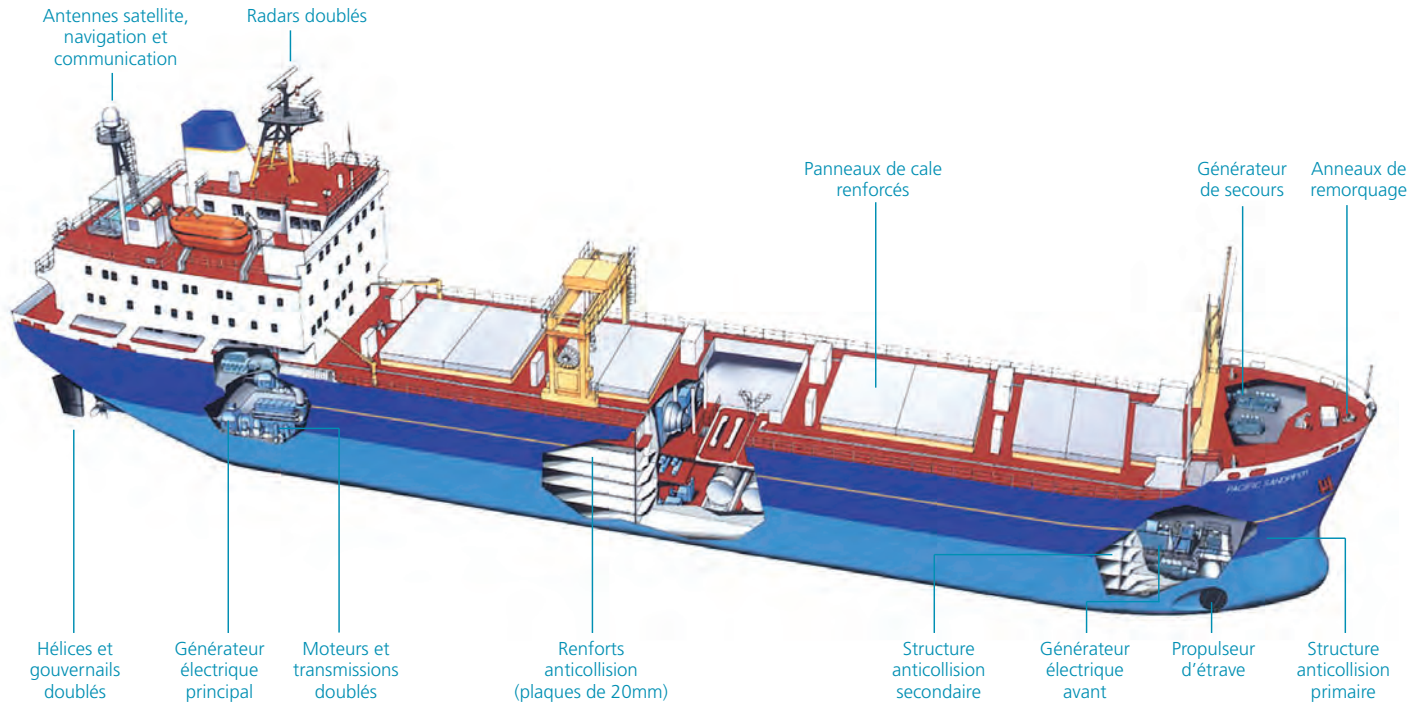
Les emballages sont fabriqués dans le respect des normes établies par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). Le concept de base de ces règles est que la sûreté doit être assurée en premier lieu par les emballages, quel que soit le moyen de transport utilisé.



Les normes tiennent compte des conditions de transport de routine et accidentelles pouvant survenir. Selon ces règlements, la conception de l'emballage leur permet de résister avec succès à de rigoureux tests d'incendies, de percussion et d'immersion.

- Avant que les emballages ne soient certifiés, leur résistance doit être éprouvée lors d'épreuves définies par l'AIEA :
 - Au moins deux épreuves de chute : une chute de 9 mètres sur une surface plane et une chute d'un mètre sur une barre d'acier dressée ;
 - Une épreuve thermique durant laquelle l'emballage est soumis à un feu de 800 degrés durant 30 minutes ;
 - Une épreuve d'immersion lors de laquelle l'emballage est soumis pendant 8 heures à des conditions équivalentes à 15 mètres de profondeur. Pour les emballages destinés aux matières les plus radioactives un test d'immersion poussé à 200 mètres de profondeur est pratiqué durant une heure.

Caractéristiques de sécurité d'un navire spécialisé



Après ces tests, le conditionnement, la protection et le contrôle critique doivent toujours être opérationnels et protéger correctement. Une fois l'emballage certifié, il peut être utilisé pour les transports de surface par camion, train ou bateau.

Des normes ont également été élaborées pour le transport aérien des matières de l'aval. Le niveau d'exigence de ce type d'emballages inclut des tests complémentaires garantissant le maintien de son intégrité dans des conditions d'accident aérien. Ce type d'emballages n'a pas encore été développé.

Transport maritime: des navires spécialisés

En 1993, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a introduit le Code volontaire de règles de sécurité pour le transport de combustible nucléaire irradié, de plutonium et de déchets fortement radioactifs en colis à bord de navires (Code INF) pour compléter le règlement de l'AIEA. Ce Code définit des standards de conception pour les navires transportant des matières radioactives et traite des points tels que la stabilité après dommages, la protection contre les incendies, et la résistance de la

structure. En janvier 2001, le recueil INF a été rendu obligatoire et rebaptisé Code international de règles de sécurité pour le transport de combustible nucléaire irradié, de plutonium et de déchets hautement radioactifs en colis à bord de navires (Recueil INF). Le code est réexaminé régulièrement et si nécessaire révisé par l'OMI.

La classe INF 3 est le plus haut degré de sûreté de l'OMI pour les navires transportant des colis nucléaires. Les mesures de sûreté relatives sont les suivantes :

- Double coque tout autour des compartiments de stockage avec des structures de renfort entre coques ;
- Au moins deux jeux de chaque système de sûreté et de sécurité, comme, par exemple, pour la navigation, la communication, la surveillance du chargement, et les systèmes électriques et de refroidissement du navire afin que le bateau ait en permanence un système de secours opérationnel en cas de besoin ;
- Navigation et guidage pas satellite pour que le navire transmette en permanence sa position à un centre de contrôle installé au Royaume-Uni ;

- Equipement supplémentaire de détection et lutte contre les incendies incluant un système d'inondation des compartiments. Ainsi tous les compartiments peuvent être complètement immergés tout en maintenant le navire à flot ;
- Hélices et moteurs doublés ;
- Puissant propulseur d'étrave permettant une meilleure manœuvrabilité à faible vitesse.



Depuis plus de 25 ans, ces navires spécialisés ont été utilisés pour le transport de matières en aval du cycle du combustible entre l'Europe et le Japon. Les navires appartiennent à PNTL (Pacific Nuclear Transport Limited), une filiale détenue par International Nuclear Services, TN International et un consortium d'électriciens japonais. PNTL est la compagnie maritime qui a le plus d'expérience en matière de transports nucléaires, avec plus de 5 millions de milles couverts sans le moindre incident impliquant une fuite radioactive.

Les navires possèdent un équipage deux à trois fois plus important que ceux embarqués sur des pétroliers ou autres bâtiments de taille semblable. Les officiers pont



et machines détiennent des certificats de compétence d'un niveau supérieur à ceux normalement requis.

Tous les navires de PNTL respectent les normes internationales et les exigences de l'OMI, et appliquent les exigences des autorités compétentes.

Le futur

Les nouveaux navires spécialisés de seconde génération ont été mis en service. Le premier navire a été livré en 2009 à PNTL. Deux autres navires similaires ont été livrés en 2011. Ils ont remplacé trois navires de la première génération qui ont été démantelés et recyclés. Le service que PNTL offre entre Europe et Japon est ainsi maintenu.

Gestion des urgences

Les opérations de transport maritime se déroulent dans le plus strict respect des règlements internationaux. Un système mondial de réaction d'urgence est opérationnel, comprenant une équipe d'intervention en veille 24 heures sur 24. Dans le cas d'un accident sérieux, cette équipe sera envoyée sur le navire et pourra mettre en place et diriger les opérations adéquates.

Dans l'hypothèse improbable de la perte d'un navire de PNTL, l'équipe d'intervention est équipée d'un sonar pour localiser le bâtiment. Tous les navires sont dotés d'un système de sonar, toujours fonctionnel dans des profondeurs supérieures à 6 000 mètres et avec une portée de 20 kilomètres. Le sonar peut relayer des informations vitales sur l'état du navire, notamment :

- La profondeur et l'angle du navire
- Si le navire est déformé ou brisé
- Si les panneaux de cale sont toujours en place
- Le niveau de radioactivité de chaque compartiment
- La température

L'équipement est alimenté en énergie par une batterie de lithium de haut niveau ayant une durée de vie de 7 ans.

Des exercices de réaction d'urgence sont exigés par les règlements internationaux de transport de matières radioactives et forment une partie essentielle de n'importe quel système de gestion de crise. Des exercices sont menés régulièrement pour tester les systèmes de communication, les compétences et l'expertise des membres des équipes d'intervention et d'équipages,

ainsi que le fonctionnement des équipements d'urgence. Ces exercices sont encadrés par des spécialistes qualifiés, comme des ingénieurs ou des biophysiciens et impliquent leur transport vers la zone du sinistre, les actions et les procédures à mener pour résoudre un exercice de simulation d'incident radiologique.

Sécurité

Lors des transports de matières radioactives, la sécurité est une priorité. Les transports doivent être conformes aux exigences des Etats, aux règles de protection physique établis par l'AIEA et aux conditions de sécurité définis par l'OMI.

L'environnement

Le système de transport de ces colis repose sur toute une série de barrières indépendantes entre les matières et l'environnement, comme les matières sous forme solide, l'emballage ou le bateau, garantissant un niveau maximal de sûreté.

Diverses études très étayées ont conclu que, même dans l'hypothèse d'un emballage endommagé lors d'un

accident maritime, le niveau de rayonnement externe serait insignifiant en comparaison du niveau naturel de rayonnement présent dans l'environnement.

La mission TranSAS (Transport Safety Appraisal Service) de l'AIEA

En juin 2002, une mission TRANSAS appliquée au Royaume-Uni selon le Règlement de l'AIEA a identifié 15 domaines de bonnes pratiques pouvant servir de modèle aux autorités compétentes avec une référence spéciale au transport maritime. Des évaluations similaires ont eu lieu en 2004 en France et au Japon en 2005, avec des résultats similaires.

L'expérience de l'industrie

Le transport international de matières dans le cycle du combustible nucléaire a joué un rôle essentiel en amenant les bénéfices de l'énergie nucléaire aux populations à travers le monde.

Ces transports sont présents à tous les niveaux du cycle du combustible nucléaire, comme, par exemple, lors de la production d'uranium, la fabrication du combustible, le retraitement ou la gestion du combustible usé et des déchets. Le record de sûreté des transports nucléaires est impressionnant ; durant plus d'un demi-siècle, il n'y a pas eu le moindre incident de transport ayant entraîné des dommages radiologiques à l'homme ou à l'environnement. Ceci est dû en partie au régime réglementaire strict, mais aussi au professionnalisme des entités réalisant les activités d'emballage et de transport.

Photographies

- 1 Minerai d'uranium – matière brute
- 2 Minerai d'uranium raffiné et transformé en poudre – « yellowcake »
- 3 Pastilles de combustible
- 4 Navire spécialisé
- 5 Emballage pour combustible usé
- 6 Transport maritime de déchets vitrifiés à haute activité
- 7 Emballage de combustible MOX
- 8 Navire spécialisé, port de Barrow, Grande-Bretagne
- 9 Opérations de déchargement



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

