

BROCHURE

# Le transport dans le cycle du combustible nucléaire

## Matériaux de l'amont du cycle

Dédié au transport sûr, efficace et fiable des matières radioactives



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



## Introduction

L'énergie nucléaire alimente aujourd'hui près de 14% de la demande mondiale d'électricité, permettant pour des millions de gens l'accès à une source d'énergie propre, sans émission de carbone et économique. La majorité des réacteurs fonctionne soit à eau pressurisée, soit à eau bouillante, et dans les deux cas le combustible utilisé est l'oxyde d'uranium enrichi. Le noyau de ces réacteurs à eau légère est composé traditionnellement de plusieurs assemblages de longs tubes scellés, chacun contenant des pastilles de dioxyde d'uranium.

Pour alimenter cette importante source d'énergie, il est essentiel que les matières utilisées dans le cycle du combustible nucléaire continuent à être transportées de manière sûre et efficace. Le transport des matières nucléaires est réglementé de manière très stricte, et sa performance est remarquable en termes de sûreté depuis plusieurs décennies.

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

## De l'extraction à la production de minerai d'uranium concentré

La substance naturelle utilisée pour faire du combustible nucléaire est le minerai d'uranium dont les principales réserves se situent en Amérique du Nord, en Australie, dans le sud de l'Afrique et en Asie Centrale. Le minerai contient à l'état naturel environ 1,5% d'uranium, mais certains filons sont bien plus riches. Ce minerai est d'abord traité et purifié grâce à un processus physique et chimique pour obtenir une poudre sèche d'oxyde d'uranium naturel appelé Concentré de Minerai d'Uranium, ou Yellowcake pour la couleur jaune des premiers types de concentrés produite.

Le minerai d'uranium est une matière à faible activité spécifique, et le risque radiologique est très bas. Il est normalement transporté dans des fûts fermés de 210 litres (des emballages industriels IP), eux mêmes transportés dans des conteneurs maritimes au format ISO. Ceux-ci peuvent être transportés par mer, voie ferrée ou route, et dans la majorité des cas une combinaison de tous ces moyens est utilisée. Le minerai d'uranium est transporté vers des usines de conversion pour être transformé en hexafluorure d'uranium (HEX).

## La conversion du minerai d'uranium en hexafluorure d'uranium

Le minerai est transporté partout dans le monde des zones d'extraction vers les centres de conversion situés en Amérique du Nord, en Europe et en Russie. Il est d'abord purifié et ensuite converti en hexafluorure d'uranium « naturel » grâce à plusieurs procédés, cette forme étant nécessaire pour continuer le processus d'enrichissement. Cette étape intermédiaire est donc essentielle pour la fabrication de combustible neuf des réacteurs nucléaires. Il y a de nombreux échanges commerciaux, ce qui implique des transports internationaux.

Durant le processus de production, de larges cylindres d'acier d'1m25 de diamètre (48") sont utilisés, contenant chacun 12,5t de matière d'hexafluorure d'uranium sous forme liquide ou solide selon l'étape de fabrication. L'hexafluorure d'uranium se solidifie alors dans les cylindres placés dans des chambres de refroidissement afin d'être solide durant les phases de stockage et de transport. L'hexafluorure d'uranium naturel est conditionné de cette manière avant d'être envoyé dans des installations d'enrichissement. L'hexafluorure

d'uranium est traditionnellement transporté par route, voie ferrée ou mer, et le plus souvent par une combinaison de tous ces moyens de transport.

Bien que l'hexafluorure d'uranium soit une matière à faible activité spécifique il existe un risque chimique: dans l'hypothèse peu probable d'une fuite, le contact avec l'air humide entraînant une réaction qui génère des substances toxiques.

### L'enrichissement de l'hexafluorure d'uranium

L'isotope radioactif qui se brise durant la fission dans un réacteur nucléaire est l'U-235, or l'uranium naturel n'en contient que 0,7%. Il est nécessaire d'en augmenter la teneur à un niveau situé entre 3 et 5% pour des réacteurs à eaux légères, soit par un procédé de diffusion gazeuse, soit par des centrifugeuses à gaz.

Les installations d'enrichissement à visée commerciale se situent aux USA, en Europe de l'Ouest et en Russie, ce qui donne naissance à des transports internationaux d'hexafluorure d'uranium entre les usines de conversion

et les centres d'enrichissement.

L'hexafluorure d'uranium enrichi est transporté dans des cylindres universels plus petits que ceux utilisés pour le naturel. Ces cylindres, d'un diamètre de 76 cm (30"), sont placés dans des suremballages afin d'accroître la résistance aux chocs, aux incendies, et à d'éventuelles immersions, et de pouvoir prévenir toute réaction en chaîne. Ces colis sont généralement transportés vers les usines de fabrication de combustible dans des containers ouverts ("flats") aux normes ISO.

L'hexafluorure d'uranium appauvri issu du processus d'enrichissement possède les mêmes propriétés physiques et chimiques que l'hexafluorure d'uranium naturel et est par conséquent transportés dans les mêmes cylindres

### La fabrication du combustible

La poudre de dioxyde d'uranium enrichie à moins de 5% issue d'hexafluorure d'uranium est aussi une matière à faible activité spécifique. L'hexafluorure d'uranium enrichi est d'abord converti en poudre de dioxyde d'uranium, qui est ensuite conditionné en pastilles. Ces pastilles sont



4



5



6



empilées dans de longs tubes en zirconium qui sont enfin assemblés en combustible puis transportés depuis le centre de production vers le réacteur. On trouve ce type d'usine dans de nombreux pays dans le monde.



Les assemblages de combustible mesurent généralement 4 mètres de long (12"). Ils sont transportés dans de robustes emballages d'acier spécialement conçus à cet effet. Ces emballages sont élaborés de manière à ce qu'aucune réaction en chaîne ne puisse se produire.



## Les règlements sur le transport dans le cycle du combustible nucléaire

La réglementation sur le transport des matières radioactives établit les bases du transport du combustible nucléaire.

Le concept principal est que la protection garantie par l'emballage doit protéger les personnes, les biens et l'environnement contre les effets des radiations, doit empêcher toute réaction en chaîne, et doit garantir la concentration du contenu. De plus il est important de limiter les doses de radiation reçues par les employés et le public à des seuils acceptables en appliquant de rigoureuses procédures au niveau opérationnel.

Les règlements définissent pour les 5 principaux types d'emballages, exceptés, industriels, Type A, Type B, Type C, des critères de conception suivant la nature des matières radioactives auxquels ils se destinent. Les règlements imposent des critères supplémentaires pour les emballages contenant des matières fissiles, c'est-à-dire des matières pouvant entraîner des réactions en chaîne. La réglementation prescrit aussi des procédures d'épreuves. Cette approche graduelle où la résistance du colis est liée aux risques - plus la matière présente de risques, plus l'emballage est résistant - est importante pour assurer la sûreté et l'efficacité maximale des transports dans le cycle du combustible nucléaire. La route, la mer et la voie ferrée sont couramment utilisées pour les matières du cycle.

## Les tests de l'AIEA sur les emballages utilisés dans la phase « amont »

Le concentré de minerai d'uranium étant une matière peu dangereuse, le risque potentiel est très faible. Les emballages pour le concentré d'uranium doivent maintenir leur intégrité dans des conditions normales de transport et sont également conçus afin de résister à certaines épreuves

comme l'exposition à l'eau, les chutes, la compression de l'emballage et la pénétration afin de reproduire les types de situations réalistes que les emballages pourraient rencontrer lors d'un transport.

Le cas de l'hexafluorure d'uranium est différent dans la mesure où la matière est solide mais peut dégager des vapeurs pouvant s'avérer toxiques. Les cylindres d'acier utilisés comme emballages pour l'hexafluorure d'uranium naturel et appauvri répondent à des standards internationaux et sont soumis à un test de pression auquel ils doivent résister sans fuite ni déformation. De plus ils sont soumis à une épreuve de feu à haute température.

Les autres matières enrichies, c'est-à-dire l'hexafluorure d'uranium enrichi, la poudre de dioxyde d'uranium ainsi que les assemblages de combustible neuf, sont fissiles. Le risque potentiel de ces matières est une réaction en chaîne imprévue. C'est pour cela que les emballages sont soumis à des épreuves, afin de garantir qu'une telle criticité ne puisse pas se produire quelle que soit la situation accidentelle qui pourrait réellement survenir

durant un transport, c'est-à-dire un choc, un incendie ou une immersion.

## L'expérience dans le transport de matières nucléaires

Le Règlement de transport des matières radioactives de l'AIEA a fourni une base solide pour la conception d'équipements et l'élaboration de procédures pour la sûreté et l'efficacité du transport des matières radioactives. Aucun secteur de l'industrie du transport n'est autant réglementé que celui là, et aucun secteur de l'industrie du transport n'a de meilleurs résultats de sûreté. Depuis plus d'un demi-siècle il n'y a eu aucun incident significatif ayant entraîné des dégâts radiologiques sur l'homme ou sur l'environnement. Ce résultat est dû d'une part au strict cadre réglementaire et d'autre part au professionnalisme des acteurs tout au long du cycle d'emballage et de transport.

---

## Photographies

- 1 Concentré d'uranium
- 2 Concentré d'uranium traité et converti en poudre – "yellowcake"
- 3 Emballages de concentrés d'uranium
- 4 Cylindres HEX de 48 pouces
- 5 Cylindres d'HEX de 30 pouces avec des suremballages
- 6 Assemblage de combustible d'uranium
- 7 Préparation des emballages de concentré d'uranium pour le transport
- 8 Arrimage pour le transport de combustible neuf
- 9 Transport routier de matières de l'amont





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](http://www.wnti.co.uk)  
Courriel: [wnti@wnti.co.uk](mailto:wnti@wnti.co.uk)

