

L'ENTREPOSAGE A SEC DES COMBUSTIBLES IRRADIES

Bernard Laponche – 30 avril 2018

*

INTRODUCTION

A la fin de leur utilisation dans le réacteur nucléaire (trois ou quatre ans environ), les combustibles irradiés sont entreposés sous eau dans une « piscine » située à proximité du réacteur. Ils sont constamment refroidis par circulation de l'eau afin d'évacuer la chaleur produite par la radioactivité des produits de fission et des transuraniens, dont le plutonium, qu'ils contiennent¹.

La solution adoptée dans la majorité des pays pourvus de centrales nucléaires (Etats-Unis, Allemagne, Suède, Japon, Corée du Sud...) est de garder les combustibles irradiés en l'état, de les entreposer dans les piscines des réacteurs, et, après quelques années, dans des installations d'entreposage à sec lorsque leur radioactivité et la chaleur qu'ils dégagent ont suffisamment diminué.

Par contre, en France (La Hague) et au Royaume-Uni (Sellafield), est pratiqué le « retraitement » des combustibles irradiés, opération qui consiste à en extraire, par voie chimique, l'uranium et le plutonium, tandis que les produits de fission et les transuraniens autres que le plutonium, ou « actinides mineurs » sont gardés ensemble sous forme liquide, puis « vitrifiés » avant de les entreposer, également à La Hague pour la France.

Selon ce schéma, l'ensemble des combustibles irradiés issus des 58 réacteurs des 19 centrales nucléaires d'EDF en France, devrait être retraité après leur transfert des piscines proches des réacteurs vers les piscines de La Hague. En réalité, tous les combustibles irradiés ne sont pas retraités et un nombre important reste dans les piscines de La Hague, ainsi que les combustibles MOX au plutonium que l'on ne sait pas retraiter à l'échelle industrielle (risques de criticité et coût élevé). Il se produit donc une accumulation de combustibles irradiés dans les piscines de La Hague et, en amont, dans les piscines des centrales nucléaires en fonctionnement.

C'est dans ce contexte « d'engorgement » qu'est apparu assez récemment le projet d'EDF d'une grande piscine « centralisée »², de très grande capacité, qui pourrait accueillir les combustibles UOX³ irradiés après un séjour suffisant dans les piscines des réacteurs, ainsi que les MOX et les URE⁴ irradiés et qui, effectivement, n'ont rien à faire à La Hague puisqu'ils n'ont pas vocation à être retraités.

L'instruction du projet de piscine centralisée donne l'occasion d'examiner l'opportunité de la poursuite de l'entreposage en piscine comme seule solution d'entreposage des combustibles irradiés, solution qui est la seule à être utilisée et même admise en France.

La présente note se contente de présenter la solution de l'entreposage à sec en s'appuyant sur l'expérience acquise aux Etats-Unis qui est le pays qui a non seulement le plus grand nombre de réacteurs producteurs d'électricité au monde, environ la centaine, mais aussi celui où ont été conçus et construits les réacteurs à uranium enrichi et eau ordinaire sous pression (REP) qui ont servi de modèles aux réacteurs français actuellement en fonctionnement.

Nous présentons en première partie le document d'information de la NRC, autorité de sûreté nucléaire des Etats-Unis, sur l'entreposage à sec des combustibles irradiés.

Et, en deuxième partie, le document publié par Orano, champion du retraitement en France, qui vante les mérites de son système d'entreposage à sec des combustibles irradiés, pour le marché américain.

Tandis qu'en France, les promoteurs du nucléaire disent tout le mal qu'ils pensent de l'entreposage à sec, qu'il s'agisse de la piscine centralisée ou du projet Cigéo d'enfouissement des déchets nucléaires, on voit que l'un d'entre eux en vante les mérites aux Etats-Unis et s'en fait le pourvoyeur.

¹ L'eau est maintenue en dessous d'une certaine température au moyen d'échangeurs immergés dans la piscine. Le fluide qui récupère les calories de l'eau de la piscine est à son tour refroidi à l'extérieur de la piscine. A La Hague, c'est réalisé au moyen d'aéro-réfrigérants. Par contre pour décontaminer l'eau de la piscine, ce sont des résines échangeuses d'ions qui fixent les radionucléides dans l'eau qui circule dans le système qui est également immergé.

² Référence : <https://reporterre.net/EXCLUSIF-EDF-veut-construire-une-piscine-geante-de-dechets-nucleaires-a>

³ Combustibles UOX : combustibles initialement à uranium enrichi (sous forme d'oxyde).

⁴ Combustibles URE : fabriqués à partir d'uranium de retraitement enrichi, en faibles quantités.

1. DOCUMENT D'INFORMATION SUR L'ENTREPOSAGE EN CONTENEUR A SEC DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE IRRADIE⁵

Autorité de sûreté nucléaire des Etats-Unis , NRC⁶ - Octobre 2016.

« À l'origine, les centrales nucléaires ont été conçues pour assurer l'entreposage (ou « *stockage temporaire* ») sur place du combustible nucléaire irradié. Connus sous le nom de «combustibles irradiés», ces faisceaux de barres de combustible doivent être remplacés de temps en temps parce qu'ils perdent leur efficacité. Environ un tiers du combustible nucléaire dans un réacteur est retiré et remplacé par du combustible neuf à chaque ravitaillement annuel. Le combustible irradié, qui génère une chaleur et une intensité d'irradiation considérables, est placé dans des bassins d'eau profonds sur le site du réacteur, où il peut être entreposé en toute sécurité.

Les concepteurs de réacteurs s'attendaient à ce que le combustible irradié soit entreposé dans des piscines pendant quelques années avant d'être retiré pour être «retraité». Une usine de retraitement séparerait les parties qui pourraient être recyclées en nouveau combustible des parties inutilisables qui seraient éliminées comme déchets. Mais le retraitement commercial n'a jamais réussi aux États-Unis, de sorte que les piscines ont commencé à se remplir.

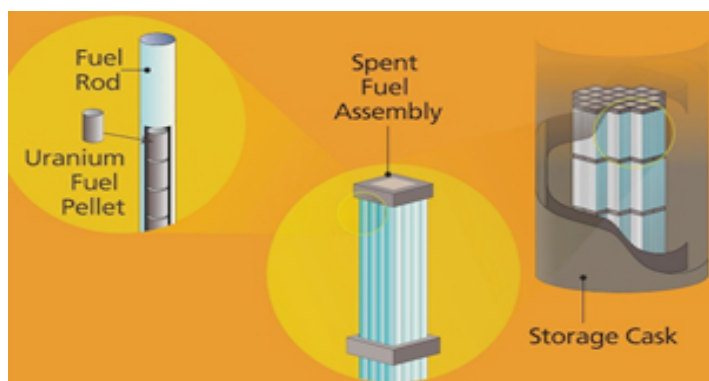
Les piscines atteignent leur capacité maximale

À mesure que le combustible irradié s'accumulait dans les piscines au début des années 1980, les compagnies d'électricité ont commencé à envisager des options pour augmenter la quantité qu'elles pouvaient entreposer. Les piscines sont des structures robustes qui ne peuvent pas être agrandies. Donc, les exploitants devaient ajouter plus de combustibles dans leurs piscines. Les réglementations actuelles autorisent deux options pour augmenter la capacité de la piscine: soit réarranger les assemblages pour réduire la distance entre eux, soit retirer les barres de combustible des assemblages pour les stocker de façon plus dense. La NRC doit examiner et approuver de tels changements. Mais la capacité de la piscine ne peut être augmentée.

Arrive l'entreposage à sec

Les exploitants ont alors commencé à se tourner vers l'entreposage à sec pour gérer leur combustible irradié sur place. Après quelques années dans la piscine, le combustible s'est refroidi et sa radioactivité a diminué suffisamment pour permettre son retrait. Le transport du combustible usé dans des conteneurs secs libère de l'espace dans la piscine pour stocker le combustible irradié nouvellement retiré du réacteur.

Schéma de l'entreposage à sec des combustibles irradiés



⁵ Référence : <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/dry-cask-storage.html> - traduction de l'auteur.

⁶ NRC : Nuclear Regulatory Commission

Les conteneurs à sec sont typiquement constitués d'un cylindre métallique scellé pour contenir le combustible usé, enfermé dans une coquille extérieure en métal ou en béton pour fournir une protection contre les rayonnements. Dans certains modèles, les conteneurs sont posés verticalement sur un socle en béton; dans d'autres, ils sont placés horizontalement.

L'entreposage en conteneur à sec est sans danger pour les personnes et l'environnement. Les systèmes de conteneurs sont conçus pour absorber les rayonnements, gérer la chaleur et prévenir la fission nucléaire. Ils doivent résister aux tremblements de terre, aux projectiles, aux tornades, aux inondations, aux températures extrêmes et à d'autres scénarios. La chaleur générée par un conteneur de combustible usé chargé est généralement inférieure à celle générée par un système de chauffage domestique. La chaleur et la radioactivité diminuent avec le temps sans avoir besoin de ventilateurs ou de pompes. Les fûts sont sous surveillance constante.

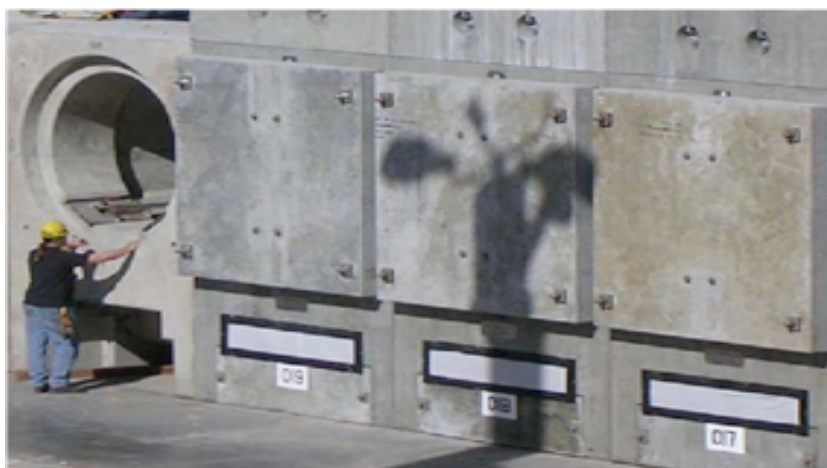
Procédure d'autorisation de l'entreposage à sec

La NRC a élaboré des exigences en matière de permis d'utilisation de conteneurs par le biais d'un processus de consultation publique afin de fournir une base solide pour assurer la protection de la santé et de la sécurité publiques ainsi que de l'environnement. Le personnel de la NRC effectue des examens approfondis et n'approuve que les conceptions qui répondent à ces exigences. Les exploitants peuvent choisir parmi deux options de licence, ce qui permet au public de participer :

- Soit une **licence spécifique à un site** qui permet d'utiliser un modèle de fût spécifique à une centrale nucléaire particulière et offre la possibilité d'une consultation publique avant que la NRC n'octroie le permis.
- Soit une **licence générale** qui permet à un site de réacteur d'utiliser tout conteneur certifié par la NRC, à condition que le site respecte les conditions précisées dans le certificat. Le public peut commenter les conceptions des conteneurs avant que la NRC ne les certifie.

La NRC inspecte périodiquement la conception, la fabrication et l'utilisation des conteneurs à sec. Ces inspections font en sorte que les titulaires de permis et les fournisseurs respectent les exigences en matière de sûreté et de sécurité et respectent les conditions de leurs licences et de leurs programmes d'assurance de la qualité. Les inspecteurs de la NRC observent également des séances d'entraînement avant que les exploitants commencent à déplacer leur combustible irradié dans des conteneurs à sec.

Systeme d'entreposage horizontal



Horizontal storage system

Système d'entreposage vertical en cours de vérification



Depuis que les premiers conteneurs ont été chargés en 1986, l'entreposage à sec n'a libéré aucun rayonnement ayant affecté le public ou contaminé l'environnement. Il n'y a eu aucune tentative connue ou soupçonnée de saboter des installations d'entreposage de conteneurs. Les tests effectués sur les composants du combustible usé et du conteneur après des années d'entreposage à sec confirment que les systèmes assurent un entreposage sûr et sécurisé. La NRC a également analysé les risques liés au chargement et à l'entreposage du combustible irradié dans des conteneurs à sec. Cette étude a révélé que les risques potentiels pour la santé sont très faibles.

Le combustible irradié est actuellement entreposé à sec dans 34 États sur plus de 60 sites sous licence générale et 15 sites avec des licences spécifiques. Des informations supplémentaires sont disponibles sur le site Web de la NRC ».

2. FICHE DE PRESENTATION DU PROCEDE D'ENTREPOSAGE A SEC D'ORANO USA :

NUHOMS⁷

« Lorsque le combustible nucléaire irradié est entreposé à sec, il est généralement transféré de la piscine des combustibles irradiés à des conteneurs métalliques, qui sont ensuite chargés dans de lourds suremballages en béton. Ces "systèmes" d'entreposage à sec de combustibles et de suremballage ne nécessitent aucune alimentation électrique pour les systèmes d'évacuation de chaleur actifs et ne comportent aucune pièce mobile. A l'inverse, l'entreposage «à l'eau» dans la piscine des combustibles irradiés nécessite une alimentation électrique constante pour maintenir les pompes à eau de refroidissement en fonctionnement.

Orano TN fournit des systèmes d'entreposage à sec de qualité supérieure, y compris des conteneurs blindés en acier inoxydable chez notre fabricant américain, *Columbiana Hi Tech*, ou chez l'un de nos fabricants qualifiés QA à travers le monde. Nos suremballages en béton sont appelés « Modules de Stockage Horizontaux ». Ils sont fabriqués sur place ou fabriqués par notre fabricant américain et expédiés sur le site pour y être installés.

⁷ Référence : <http://us.aveva.com/EN/home-3138/aveva-nuclear-materials-tn-americas--nuhoms-used-fuel-storage-system.html> - Traduction de l'auteur.

L'équipe d'experts offre plus que de la technologie

La gestion sûre du combustible irradié ne consiste pas seulement à acheter un système d'entreposage. Il s'agit de s'assurer les services d'une équipe coordonnée de spécialistes de la construction, d'ingénieurs et d'équipes de gestion des combustibles irradiés, formées et expérimentées, les «meilleures de l'industrie». Le programme de gestion du combustible irradié d'Orano comprend des technologies et des services de gestion du vieillissement à la pointe de la technologie, ainsi qu'un système de transport fiable et sécurisé pour acheminer les combustibles irradiés hors site.

Grâce à ces capacités et à la conception personnalisée, Orano offre tous les services nécessaires pour gérer le combustible nucléaire irradié de manière sûre et efficace du début à la fin.

Les systèmes d'entreposage à sec contiennent le combustible irradié dans une position horizontale ou verticale. Initialement, les systèmes d'entreposage à sec étaient à la verticale, jusqu'à ce qu'Orano développe une solution moins risquée et innovante: les systèmes horizontaux ne peuvent pas basculer, et la manipulation sur site de ces systèmes lourds est simple et plus sûre en position horizontale. De plus, l'orientation horizontale pendant l'entreposage évite la différence de température significative entre les deux extrémités du conteneur d'un système vertical, ce qui réduit la possibilité de contraintes thermiques induites dans le matériau. Les systèmes horizontaux sont faciles à inspecter et à transporter. Plus important encore, les modules d'entreposage horizontal d'Orano sont disposés de manière à ne laisser aucun espace, côte à côte, ce qui élimine pratiquement les émissions de rayonnement et entraîne une exposition minimale des travailleurs de l'usine et du public.

L'entreposage horizontal NUHOMS® offre:

- Le meilleur chargement grâce à un agencement côte à côte.
- Le plus haut niveau de sécurité.
- Des conteneurs en acier inoxydable hautement résistants à la corrosion, plus l'option duplex en acier inoxydable pour les environnements marins.
- Des modules massifs d'entreposage de béton offrant comme une forteresse la protection du combustible irradié.
- Un risque faible dans le déplacement du combustible sur site en raison de l'orientation horizontale.
- La performance sismique la plus élevée de tous les systèmes connus.
- Un conteneur agréé par la NRC pour le transport du combustible irradié.
- Le plus sûr moyen de déplacer le combustible usé des centrales nucléaires vers l'installation d'entreposage provisoire de la WCS⁸.
- Les principales caractéristiques de sécurité résultant d'une conception conservatrice et de la conduction de la chaleur, plutôt que de dépendre de la convection.

Offrant la protection la plus importante, des prix transparents et des coûts de cycle de vie réduits, NUHOMS® est la solution d'un entreposage à sec de choix pour les installations nucléaires à travers le monde.

Avec son emballage de transport homologué par la NRC pour le combustible irradié à fort taux de combustion (*burn-up*) et son expérience globale inégalée dans le transport de combustibles irradiés, Orano offre des technologies et une expertise pour répondre au défi des États-Unis d'entreposer le combustible nucléaire irradié en toute sécurité ».

⁸ WCS : *Waste Control and Storage*

Vidéo à consulter à l'adresse en note de bas de page n° 7.



Commentaire :

Le caractère commercial de ce document d'Orano est évident et rien de ce qui est dit n'est à prendre pour argent comptant.

Néanmoins, la réussite d'Orano dans ce domaine est indéniable et devrait amener les responsables, tant d'EDF que du Gouvernement, à réfléchir sérieusement sur la pertinence de la politique actuelle basée sur l'entreposage en piscine des combustibles irradiés et sur le retraitement de ces combustibles irradiés, avec l'exception notable du MOX et des URE, ce qui complique encore un peu plus les affaires.