

Entreposages de combustibles usés

A la fin de leur usage en réacteur, les combustibles nucléaires usés sont entreposés avant d'être transportés vers un stockage géologique ou vers le retraitement-recyclage. Dans les réacteurs REP, à Eau Pressurisée, ils sont tout d'abord entreposés sous eau, dans la piscine BK chez EDF.

La puissance des combustibles usés décroît avec le temps, ce qui facilite progressivement les opérations d'entreposage, transport, stockage et retraitement. Cet avantage n'incite pas les Politiques à activer la réalisation des Stockages géologiques qui sont partout retardés. De ce fait, le besoin d'entreposage, fruit de la procrastination politique, croît dans le Monde.

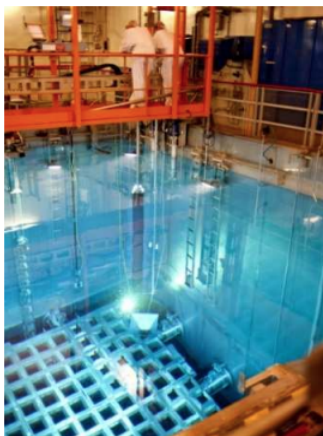
De multiples solutions d'entreposage existent pour les REP et pour les autres types de réacteurs refroidis au gaz ou au sodium. L'objet de cet article est d'en présenter les plus courants, sans prétendre à l'exhaustivité, et d'évoquer leurs avantages et inconvénients.

France

Piscines

L'eau, excellent fluide de refroidissement, permet de maintenir basses les températures des assemblages et d'assurer la bonne conservation des gaines en zircalloy, dans les piscines des réacteurs.

En France, le retraitement recyclage à La Hague est effectué assez rapidement et des piscines servent d'entreposage centralisé (14 000 tU) avant l'alimentation des usines.



BK réacteur REP EDF et piscine ORANO La Hague



CASCAD Entreposage à sec au CEA Cadarache



Cascad

Construit par SGN et mis en service en 1990, CASCAD, entreposage à sec de combustibles usés a été prévu pour 50 ans.

Sont entreposés, dans 143 puits, des éléments de combustible que leurs caractéristiques n'ont pas permis de retraiter dans des conditions techniques et économiques acceptables et qui proviennent de l'ancienne centrale à eau lourde de Brennilis et de la propulsion navale.

Le projet d'EDF de piscine à La Hague

En France, le plutonium est recyclé une fois sous forme de combustible MOX, mélange d'oxyde de Plutonium et d'Uranium. Ces MOX usés sont plus chauds. D'autre part, le deuxième recyclage est plus intéressant en réacteur Rapide dont le redéveloppement, récemment interrompu, prendra du temps.

Dans ce contexte, EDF a lancé en 2015 puis transmis à l'ASN, en 2017, un Dossier d'Options de Sûreté, DOS, d'une nouvelle piscine centralisée de 10 000 tU à La Hague, capable de recevoir ces MOX, et les combustibles de Super-Phénix, à partir de 2030. Cette piscine sera conçue pour une durée de vie de cent ans. ORANO prévoit de dépolluer la zone du « parc aux ajoncs », du site de La Hague pour le céder à EDF pour cette piscine.

En 2018, une Commission d'enquête de l'Assemblée Nationale a sollicité l'IRSN pour fournir une comparaison des mérites en matière de sûreté et de sécurité des entreposages en piscine ou à sec, en châteaux. En réponse, l'IRSN a émis un rapport de 60 pages (référence 1) décrivant de multiples solutions d'entreposages à sec. En 2019, l'ASN a émis un avis favorable sur les options de sûreté.

En 2021, EDF a saisi la CNDP, Commission Nationale du Débat Public qui a organisé une concertation préalable du public, qui a donné lieu à des confrontations, puis s'est transformée en concertation permanente. Avant fin 2023, EDF doit déposer le Rapport Préliminaire de Sûreté et la Demande d'Autorisation de Création, DAC, de la piscine. IL faudra une enquête publique, prévue de 2025 à 2027, avant la décision de l'État qui n'aura pas lieu avant 2027, 12 ans après le lancement du projet. Dans le meilleur des cas, la construction commencera en 2027, après l'élection présidentielle. Il serait étonnant que la piscine soit en service en 2030.

Ce processus illustre bien pourquoi les réacteurs, que l'on construisait en 4 ans sous V. Giscard d'Estaing, ne peuvent plus être construits en moins de 15 ans sous E. Macron.

EDF a soumis en 2010 à l'ASN un dossier de rerackage des piscines BK des 900 MW. L'IRSN a estimé que les risques n'en étaient pas suffisamment maîtrisés et l'ASN a demandé, en 2013, à EDF d'examiner d'autres solutions.

ORANO souhaite densifier d'environ 30%, de 12000 tU à 15600 tU, les piscines C, D et E de La Hague en remplaçant les paniers actuels par de nouveaux paniers absorbants. La mise en œuvre opérationnelle commencera en 2024.

EDF dispose heureusement de petites marges pour la gestion de ses flux et peut, si nécessaire, faire appel à des emballages disponibles plus rapidement, pour les assemblages UO₂.

United Kingdom

Piscine B30 à Sellafield « First Generation Magnox Storage Pond »



Piscine B30 Sellafield

Construction en 1950, à ciel ouvert, pour dégainer les combustibles avant retraitement. B30 été opérée 26 ans et a traité 27 000 tU. Un arrêt imprévu du retraitement a provoqué la corrosion des gaines, produisant de grandes quantités de boues radioactives « sludge » qui ont transformé l'eau, précédemment protection biologique, en source radioactive. Sellafield va reprendre et conditionner ces déchets.

Allemagne



Emballages CASTOR V19 à Mülheim

En Allemagne, les sites d'entreposage centralisés de Gorleben et Ahaus sont dédiés à l'entreposage des combustibles REP et REB ainsi qu'aux colis de déchets vitrifiés dans des **emballages de transport-entreposage CASTOR** de GNS. Ces installations peuvent accueillir 420 emballages chacune.

1600 CASTOR ont été chargés dans 20 entreposages sur 3 continents. Ils peuvent recevoir des assemblages suffisamment refroidis (~2kW)

Ces emballages, CASTOR de GNS et TN24 d'ORANO, sont refroidis en convection naturelle, fluctuante, et les températures des gaines sont élevées (<400°C), ce qui pourrait les endommager, à la longue. Les emballages de transport-entreposage peuvent être ouverts pour contrôler l'étanchéité des gaines mais l'opération est lourde, nécessitant une installation (cellule chaude) particulière. Le plus ancien emballage CASTOR 1c, développé pour le réacteur de recherche à eau lourde Suisse de Diorit, a célébré ses 40 ans de bons services à ZWILAG. L'étanchéité du Castor et la santé des gaines ont été surveillées depuis l'origine, prouvant la bonne tenue des gaines dans ces conditions d'entreposage.

Suisse, Belgique et Pays Bas



Suisse : ZWILAG à Würenlingen

En Suisse, un site d'entreposage centralisé de combustibles REP (y compris MOX) et de déchets HA vitrifiés, de conception comparable aux installations allemandes est exploité par ZWILAG à Würenlingen, depuis 2001. Le hall d'entreposage peut accueillir 200 emballages de transport-entreposage de la famille TN24 recevant jusqu'à 28 assemblages (ORANO TN), ce qui correspond à 50 années de production des 5 réacteurs suisses.

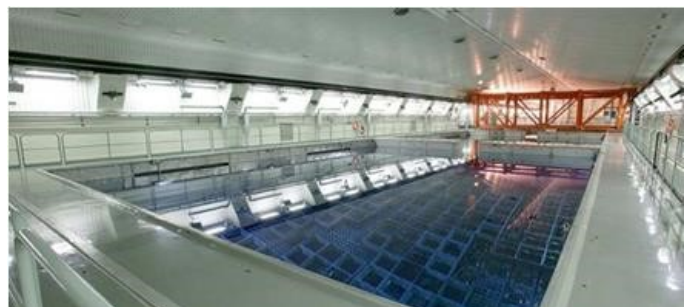
En Belgique l'entreposage de DOEL peut recevoir 165 emballages de transport-entreposage TN24.

Aux Pays Bas SGN a conçu et réalisé l'entreposage HABOG pour COVRA, sur le site de Borssele, pour recevoir les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue ainsi que les combustibles usés issus des deux réacteurs de recherche néerlandais. Mis en service en 2003 pour une durée de 100 ans, HABOG peut recevoir des colis de déchets vitrifiés, des assemblages usés, 8 types d'emballages de transport et 12 types de colis de déchets qui sont tous refroidis en convection naturelle.

Suède

L'ensemble des combustibles usés issus des centrales suédoises est entreposé, de manière souterraine, en piscines, dans le CLAB de SKB, construit par ORANO en 1985.

Les piscines d'entreposage sont situées à 30 m de profondeur et le combustible usé, placé dans des paniers, est recouvert par huit mètres d'eau. La capacité initiale de l'installation de 8.000 tU a été portée à 11.000 tU (en généralisant l'utilisation de paniers compacts).



Piscine de l'installation CLAB à Oskarshamn

USA

Aux USA, l'État s'était engagé à reprendre le combustible usé des électriciens en 1998, ce qu'il n'a pas respecté. Le Président GW Bush a lancé des études d'usines de Retraitement Recyclage auxquelles AREVA a participé. Ce projet de recyclage a ensuite été abandonné pour un Stockage Direct de 63 000 MTHM à Yucca Mountain, YMP, dans le Nevada. AREVA a conçu, à Las Vegas, une installation de transfert des combustibles des emballages de transport vers les emballages de stockage standardisés de YMP. YMP a aussi été abandonné par B. Obama. Depuis cet abandon, les USA ont prévu de stocker leurs combustibles usés mais n'ont plus de projet pour réaliser ce stockage. En attendant, les combustibles usés sont entreposés en emballages dont les deux principaux fournisseurs sont ORANO et HOLTEC.

Les projections (réf 2) prévoient, qu'en 2050, 136 000 MTHM de combustible usé seront entreposés aux USA.

Entreposages NUHOMS d'ORANO

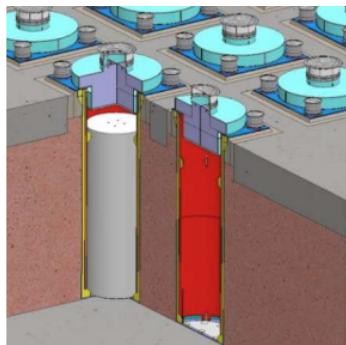


Les NUHOMS d'ORANO sont construits sur les sites des réacteurs. Des casemates en béton horizontales reçoivent et protègent les conteneurs métalliques soudés des assemblages.

Pour réduire l'emprise au sol une nouvelle conception MATRIX sur 2 niveaux a été récemment mise au point. MATRIX est conçu pour accueillir des conteneurs de combustible usé de différents diamètres et longueurs. L'inspection complète du conteneur stocké est possible sans le retirer du module.

NUHOMS de ORANO

Entreposage HI STORM de HOLTEC



HI STORM entrepose aussi les combustibles dans des conteneurs métalliques soudés. Leur protection est assurée par des puits semi-enterrés en béton.

Ces concepts, NUHOMS et HI STORM, de conteneurs soudés nécessitent le découpage du couvercle pour inspecter l'étanchéité des gaines, ce qui est une opération lourde. Les assemblages sont séchés et inertés à l'hélium. Des dispositions particulières doivent être prises pour les assemblages ruptés lors de leur fonctionnement en réacteur.

HI STORM de HOLTEC

Ukraine

HOLTEC International a annoncé en décembre 2023 qu'Energatom, la société Ukrainienne d'énergie nucléaire, avait commencé à transporter le combustible usé des réacteurs en service du pays vers son installation centralisée d'entreposage du combustible usé (CSFSF) nouvellement construite et mise en service. L'installation devrait permettre à l'Ukraine d'économiser 200 millions de dollars par an grâce aux paiements évités à la Fédération de Russie.



Ukraine transport de conteneur HOLTEC

13 conteneurs de combustible usé ont déjà été placés au CSFSF. Situé à l'intérieur de la zone d'exclusion de Tchernobyl, le CSFSF est conçu pour l'entreposage à long terme du combustible nucléaire usé provenant des centrales nucléaires du sud de l'Ukraine, de Khmelnytskyi et de Rivne. HOLTEC, pour Energoatom, a achevé la construction et l'autorisation du CSFSF en 2021. Le transport du combustible usé vers l'installation devait commencer début 2022 mais a été retardé par l'invasion de l'Ukraine par la Russie.

La durée de vie nominale du CSFSF est de 100 ans, même si sa durée de vie devrait être plusieurs fois plus longue, selon HOLTEC.

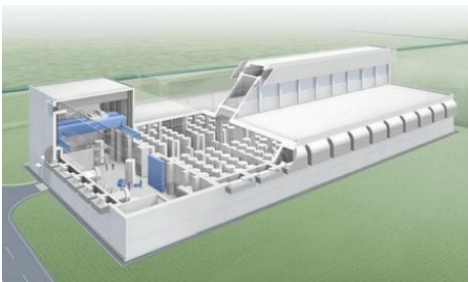
Japon



Japon site à Kaminoseki

Le Japon a choisi le retraitement-recyclage mais leur usine, Rokkasho étant en retard, tout leur combustible usé doit être entreposé. Les piscines de Rokkasho (3000 tU) et des réacteurs (15 000 tU) atteignent 80% de remplissage. Certaines provinces ne veulent pas d'entreposage en château sur le site du réacteur, ce qui peut bloquer certains d'entre eux.

Un entreposage à sec centralisé en emballages pour le combustible usé devrait être construit à Kaminoseki. La ville fait face à la mer intérieure de Seto, dans la préfecture de Yamaguchi. Chugoku Electric Power et Kepco vont développer conjointement le projet. Le maire Tetsuo Nishi a annoncé en août 2023 son consentement à l'étude géologique pour la construction.



Entreposage centralisé à sec à Mutsu - Aomori

La société Recyclable-Fuel Storage Company (RFS) a été créée par Tepco et Japan Atomic Power Company pour construire un entreposage centralisé à sec, en emballages, à Mutsu, Aomori Préfecture proche de Rokkasho.

Le 1er entreposage de 3000 tU est en construction et sera suivi d'un second de 2000 tU.

Références :

- 1 Entreposage du combustible nucléaire usé IRSN 2018
- 2 Integration of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle Sandia National Lab 2021 10444
- 3 Spent fuel management in Japan Tepco 2019