

Gentilly 2

● Le combustible nucléaire, sa manutention et son entreposage

Dans les centrales nucléaires CANDU, comme celle de Gentilly 2, on utilise de l'uranium naturel comme combustible.

L'uranium est traité et assemblé sous forme de grappes qui sont introduites dans le réacteur. Lorsque la centrale est exploitée à pleine puissance, on remplace quotidiennement une partie des grappes selon l'irradiation qu'elles ont subie.

Après avoir séjourné en moyenne un an dans le réacteur, les grappes en sont retirées à l'aide d'une machine télécommandée. Elles sont alors entreposées dans une piscine spécialement conçue à cet effet. L'eau de la piscine constitue un excellent écran protecteur contre les rayonnements ionisants, en plus de dissiper la chaleur dégagée par le combustible.



Hydro-Québec

L'uranium

L'uranium compte parmi les métaux lourds les plus répandus dans la croûte terrestre. Comme le fer, on le retrouve dans la nature sous forme d'oxyde. L'uranium naturel se compose de deux isotopes, l'uranium 238 et l'uranium 235, dans des proportions respectives de 99,3 % et de 0,7 %.

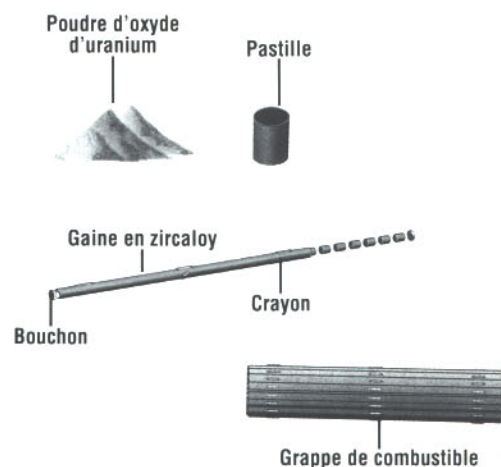
La concentration de l'uranium 235 est trop faible pour provoquer la réaction en chaîne nécessaire au fonctionnement d'un réacteur nucléaire. Il existe deux solutions à ce problème. La première consiste à enrichir l'uranium, c'est-à-dire porter sa teneur en uranium 235 à 3 ou 4 %, ce qui permet aux réacteurs d'utiliser de l'eau ordinaire comme modérateur. La plupart des réacteurs américains et étrangers fonctionnent selon ce principe.

L'autre solution consiste à utiliser de l'eau lourde (D_2O) comme modérateur. Celle-ci a la propriété de ralentir les neutrons, ce qui accroît l'efficacité de la fission nucléaire permettant ainsi l'utilisation de l'uranium naturel comme combustible. C'est cette solution qu'ont retenue les concepteurs des réacteurs de type CANDU, comme celui qui équipe la centrale nucléaire Gentilly 2.

L'uranium est soumis à différents traitements avant d'être utilisé comme combustible dans un réacteur nucléaire.

De la mine au réacteur

L'uranium utilisé à la centrale Gentilly 2 provient exclusivement de mines canadiennes. À l'état naturel, le minerai des mines de la Saskatchewan contient en moyenne de 2 à 3 % d'uranium. Avant d'être utilisé comme combustible dans un réacteur nucléaire, le minerai doit donc être concentré et purifié. Pour ce faire, il est d'abord concassé et broyé, puis dissous dans de l'acide nitrique. La solution obtenue est ensuite traitée chimiquement jusqu'à l'obtention d'un concentré qui contient environ 70 % d'uranium.





Les grappes de combustible neuves sont disposées manuellement sur un appareil qui les déplace jusqu'à la machine à chargement dans le réacteur.

Le cycle d'utilisation du combustible

Ce concentré est à son tour soumis à différents traitements chimiques afin d'en augmenter la pureté. Au terme de ce processus, on obtient de la poudre de bioxyde d'uranium. Cette poudre est comprimée pour former des pastilles qui sont ensuite frittées, c'est-à-dire vitrifiées pour leur donner une texture céramique. Cette texture offre l'avantage de retenir la plupart des produits de la fission nucléaire.

La dernière étape est celle de l'assemblage. Les pastilles d'oxyde d'uranium sont d'abord introduites dans un tube en zircaloy qui est soudé pour former ce qu'on appelle un crayon. Les crayons sont ensuite assemblés pour former une grappe de combustible. C'est donc sous cette forme que le combustible est inséré dans le réacteur.

Pendant son séjour dans le réacteur, l'uranium servant de combustible subit des transformations produisant du plutonium et divers produits de fission. À la longue, ceux-ci absorbent davantage de neutrons que n'en produit la fission de l'uranium, entraînant ainsi l'épuisement du combustible. Après être resté en moyenne un an dans le réacteur, le combustible épuisé est retiré.

Pendant l'exploitation normale de la centrale, on change quotidiennement quelques grappes selon l'irradiation qu'elles ont subie. Cette irradiation varie selon l'emplacement de la grappe dans le réacteur. En effet, la réaction est plus intense au centre du réacteur qu'en périphérie. Ainsi, les grappes des canaux situés au centre du réacteur sont remplacées deux à trois fois plus souvent que celles situées au pourtour. Un système informatisé analyse continuellement la distribution de la puissance thermique du réacteur, ce qui permet de déterminer le moment où une grappe doit en être retirée.

Le réacteur de Gentilly 2 contient 4 560 grappes de combustible, réparties dans 380 canaux. Chacune des grappes est identifiée par un numéro de série qui permet de tenir à jour un dossier complet : nom du fabricant, date de chargement, emplacement exact dans le réacteur, etc.

La consommation de grappes varie selon le fonctionnement du réacteur : elle est d'environ 15 grappes par jour lorsque le réacteur fonctionne à pleine puissance.

La maintenance du combustible

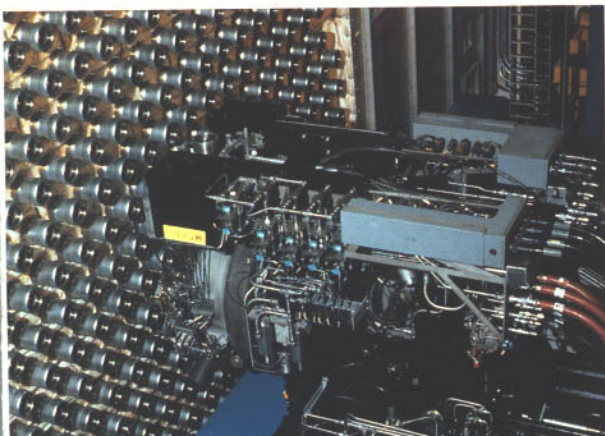
La maintenance des grappes de combustible se fait selon une procédure extrêmement rigoureuse. Toutes les grappes font l'objet d'une inspection finale minutieuse avant d'être insérées dans le réacteur, afin de détecter toute défécuosité qu'elles pourraient présenter. L'uranium des grappes neuves étant très peu radioactif, celles-ci peuvent être déposées manuellement sur un appareil qui les déplace jusqu'à la machine à chargement du combustible.

Lorsqu'elles sont irradiées, les grappes deviennent radioactives et dégagent une forte chaleur. Leur maintenance se fait donc à distance, au moyen de machines à chargement télécommandées à partir de la salle de commande. Des caméras reliées à des écrans, également situés dans la salle de commande, permettent de suivre tous les déplacements de ces machines depuis le réacteur jusqu'à la salle de transfert menant à la piscine de stockage.

La maintenance du combustible nucléaire est vérifiée régulièrement par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) qui veille à l'utilisation pacifique et sécuritaire de l'énergie atomique dans les pays signataires du traité de non-prolifération des armements nucléaires, dont le Canada fait partie.



Le chargement et le retrait du combustible se fait à distance, au moyen de machines télécommandées à partir de la salle de commande. Des caméras situées face au réacteur permettent de suivre les opérations sur des écrans.



Le réacteur de Gentilly 2 contient 4 560 grappes de combustible qui sont introduites à l'aide d'une machine à chargement qu'on voit ici couplée à un canal de combustible.

Insertion des grappes dans le réacteur

Le chargement des grappes d'uranium dans le réacteur se fait à l'aide de deux machines placées à chaque extrémité du réacteur. Lors d'un rechargement, les machines se fixent automatiquement à chacune des extrémités d'un même canal de combustible et en dégagent l'ouverture. Une des deux machines introduit le combustible neuf à une extrémité, tandis que le combustible irradié est poussé à l'autre extrémité et recueilli par la seconde machine.

Les grappes neuves et irradiées sont soigneusement réparties de façon à équilibrer la puissance thermique du réacteur. Une fois les grappes de combustible en place, un système de détection et de localisation vérifie chacun des canaux et signale toute défectuosité éventuelle à la salle de commande.

Retrait et stockage du combustible

Lorsqu'on les retire du réacteur, les grappes de combustible irradié présentent le même aspect qu'à l'origine, mais elles sont devenues très radioactives et dégagent une chaleur intense. En suivant la procédure décrite ci-dessous, les grappes sont acheminées vers la piscine de stockage du combustible irradié.

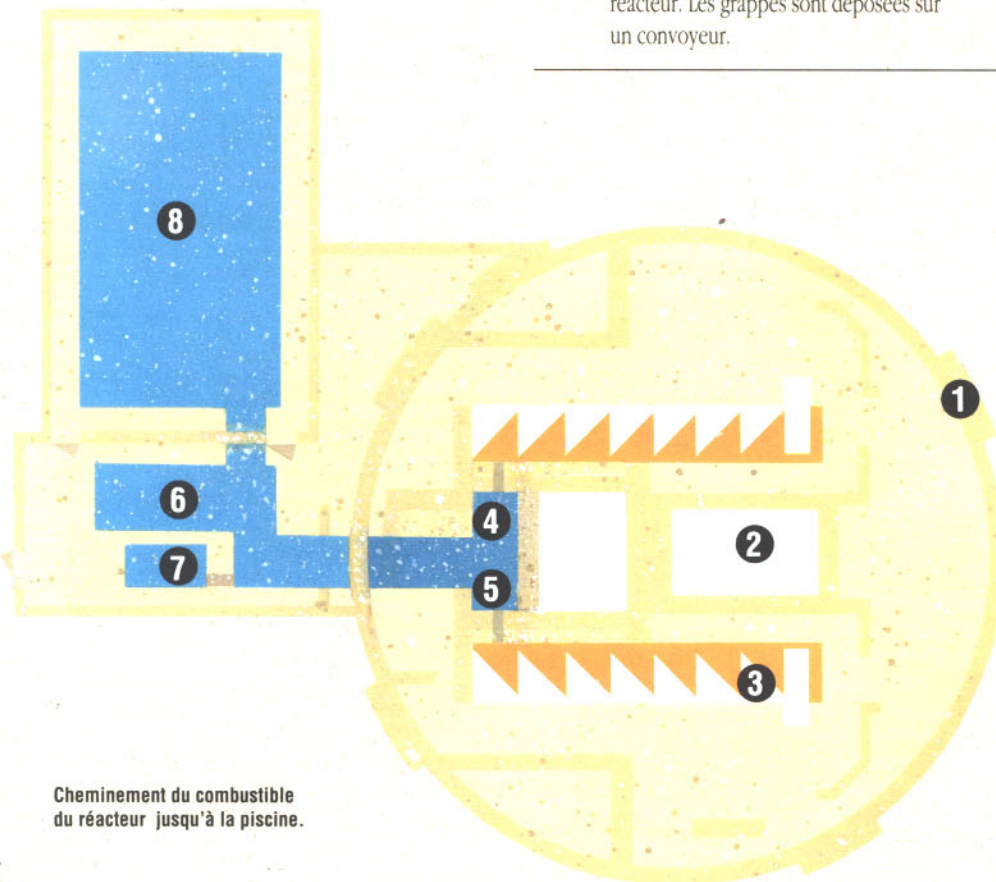
Du réacteur jusqu'à la piscine de stockage, les grappes suivent l'itinéraire suivant :

- La machine à chargement retire les grappes du réacteur et les transporte jusqu'à la salle de transfert, située dans le bâtiment du réacteur, où elle les dépose sur un élévateur.
- L'élévateur transporte les grappes jusqu'à la piscine de déchargement, elle-même située dans la salle de transfert, toujours dans le bâtiment du réacteur. Les grappes sont déposées sur un convoyeur.

- Les grappes sont acheminées de la piscine de déchargement à la piscine située dans le bâtiment de service, en passant par le tunnel de transfert. Les grappes immergées dans l'eau au cours de cette opération, sont ensuite déposées dans des paniers de stockage.

Ces trois opérations sont télécommandées depuis la salle de commande et surveillées à l'aide de caméras.

- S'il y a lieu, les grappes endommagées sont transférées dans la piscine réservée au combustible défectueux. Celles ayant subi des dommages importants sont placées dans des récipients spécialement conçus à cet effet.
- Les grappes de combustible sont transférées à la piscine de stockage du combustible irradié. Cette dernière manœuvre se fait manuellement à partir d'un pont roulant qui peut couvrir toute l'étendue de la piscine.
- Les paniers de stockage sont empilés les uns sur les autres au fond de la piscine. Lorsqu'une pile est complète, des scellés de l'Agence internationale de l'énergie atomique y sont apposés.



Cheminement du combustible du réacteur jusqu'à la piscine.

- 1 Bâtiment du réacteur
- 2 Réacteur
- 3 Pont roulant et machine à combustible
- 4 Canal de décharge du combustible épuisé
- 5 Piscine et salle de transfert du combustible épuisé
- 6 Piscine de réception
- 7 Piscine du combustible défectueux
- 8 Piscine de stockage



À partir du moment où les grappes de combustible sortent du bâtiment du réacteur, elles demeurent immergées dans l'eau pendant tout l'itinéraire qui les mène à la piscine de stockage.

On voit ci-dessus les grappes immergées lors de leur passage dans le tunnel de transfert entre le bâtiment du réacteur et le bâtiment de service.

Caractéristiques de la piscine de stockage

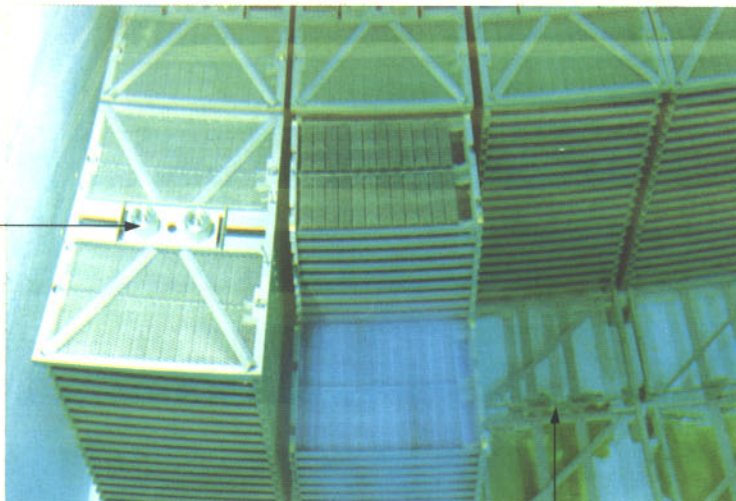
Actuellement, la piscine de stockage de Gentilly 2 est de dimensions suffisantes pour contenir le combustible irradié produit pendant environ dix ans d'exploitation régulière, à pleine puissance.

L'eau de la piscine constitue un excellent écran protecteur contre les rayonnements ionisants, en plus de dissiper la chaleur. Un système de refroidissement permet de maintenir la température de l'eau à 26 °C.

Les parois de la piscine de stockage sont conçues de façon à éviter toute fuite susceptible de causer des dommages à l'environnement. Elles sont constituées de béton de 1 mètre d'épaisseur, recouvert d'époxy, et d'un puits de récupération des fuites éventuelles.

La piscine est dotée d'un système de filtration qui maintient l'eau déminéralisée radiologiquement très propre. Ce système se compose de filtres classiques, qui retiennent les matières en suspension, ainsi que de filtres chimiques appelés « colonnes échangeuses d'ions ». Celles-ci fonctionnent selon le même principe que les filtres domestiques de purification d'eau.

Le bâtiment où se trouvent les piscines de stockage est situé dans une zone radiologique contrôlée où n'est admis que le personnel dûment qualifié. De plus, un système de ventilation distinct assure le maintien d'un environnement adéquat dans le bâtiment.



Les scellés de l'AIEA

Les grappes de combustible sont installées dans des paniers empilés dans la piscine de stockage. Lorsqu'une pile est complète, des scellés de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) y sont apposés pour s'assurer que le combustible irradié n'en soit pas retiré. On voit ici les scellés qui ont l'aspect d'un disque métallique.

L'effet Cerenkov

À leur sortie du réacteur, les grappes de combustible diffusent une lumière de couleur bleue. Ce phénomène est appelé l'« effet Cerenkov ». Ce rayonnement est essentiellement un effet du sillage optique qui se produit lorsque les électrons émis par le combustible irradié traversent l'eau à une vitesse supérieure à celle de la lumière. L'effet disparaît après un certain temps de séjour de la grappe de combustible dans l'eau.



Les grappes de combustible irradié de Gentilly 2 sont entreposées dans une piscine car l'eau constitue un excellent écran protecteur contre les rayonnements ionisants en plus de dissiper la chaleur du combustible qui a séjourné dans le réacteur.

FICHE TECHNIQUE

L'uranium	
Type d'uranium utilisé :	Uranium naturel sous forme de céramique de bioxyde d'uranium (UO_2).
Provenance :	Mines canadiennes, principalement de la Saskatchewan.
Contenance du réacteur :	4 560 grappes
Consommation annuelle moyenne :	4 500 grappes
Composition du combustible irradié :	Uranium 238 98,50 % Uranium 235 0,23 % Plutonium 0,40 % Produits de fission 0,87 %
Puissance thermique 20 minutes après la sortie du réacteur :	Environ 8 kW par grappe

- Lorsque le combustible est retiré du réacteur, environ 70 % de l'uranium 235 aura été fissionné, et un peu moins de 1 % de l'uranium 238 se sera transformé en plutonium, lequel est fissible comme l'uranium 235.

FICHE TECHNIQUE

Les grappes de combustible	
Nombre total de grappes dans le réacteur :	4 560
Nombre de tubes de force dans le réacteur :	380
Nombre de grappes par tube de force :	12
Longueur d'une grappe :	495 mm
Diamètre extérieur :	102,4 mm
Poids d'une grappe pleine :	24 kg
Poids net d'uranium :	19 kg
Nombre de crayons par grappe :	37
Diamètre extérieur d'un crayon :	13,08 mm
Nombre de pastilles d'uranium par crayon :	31

- L'enveloppe extérieure des crayons est faite de zircaloy, un alliage de zirconium, d'étain, de chrome et de fer qui offre l'avantage de peu s'oxyder et qui absorbe peu les neutrons.

FICHE TECHNIQUE

Dimensions des piscines			
	Longueur	Largeur	Profondeur
Piscine de stockage	20,0 m	11,6 m	9,2 m
Piscine du combustible défectueux	5,5 m	2,4 m	4,6 m
Piscine de réception	11,6 m	4,6 m	9,2 m

- La piscine de stockage de Gentilly 2 peut actuellement contenir environ 50 000 grappes de combustible irradié, soit l'équivalent de dix années d'exploitation régulière de la centrale.
- À la fin de 1991, la piscine de stockage était remplie à environ 74 % de sa capacité totale actuelle. Celle-ci devrait être atteinte au cours de l'automne 1994.
- À raison d'environ 15 grappes par jour d'exploitation, la centrale produit en moyenne 4 500 grappes de combustible irradié par an.

Le combustible nucléaire, sa manutention et son entreposage

*Hydro-Québec © 1992
Dépôt légal — 3^e trimestre 1992
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-26819-9
HQ DE-92-106-F-5*

*Ce dépliant a été réalisé par la Division
Communications et Relations publiques,
Région Mauricie.*

*Il est possible d'obtenir de plus amples
informations en contactant :*

*Hydro-Québec
Division Communications et Relations
publiques, Région Mauricie
505, rue des Forges
C.P. 608, Trois-Rivières (Québec)
G9A 2H6
Téléphone : (819) 372-3801.*