

L'eau lourde et la France

Michel ROSTAING

1. HISTORIQUE

Au printemps 1939 qui précède la guerre, l'équipe de Frédéric Joliot-Curie et Francis Perrin est à la pointe de la recherche nucléaire mondiale.

La radioactivité naturelle, apparue dans le tiroir d'Henri Becquerel un peu avant 1900, lui a valu avec Pierre et Marie Curie le Prix Nobel en 1903.

On étudia les effets de cette radioactivité jusqu'à montrer qu'un gramme de radium pouvait se transformer, en seize siècles ; pour moitié en plomb en libérant autant de chaleur que trois cents kilos de charbon ... Mais on était impuissant à maîtriser le phénomène.

Avec la découverte de la radioactivité artificielle par Frédéric et Irène Joliot-Curie, en 1934, un pas de géant est fait. Entre temps Albert Einstein a découvert la relativité générale.

Dans son discours de réception du prix Nobel en 1935, trente ans après ses beaux-parents, Frédéric Joliot prédit : « des chercheurs, brisant et assemblant des atomes, sauront réaliser des réactions en chaîne explosives : on peut concevoir l'énorme énergie qui sera libérée ».

Frédéric et Irène ont réalisé une expérience de radioactivité artificielle en bombardant par une source de neutrons, une feuille d'aluminium, ils ont constaté l'apparition d'un corps nouveau : un isotope du phosphore.!

On pressent la découverte d'un explosif extraordinaire : l'équipe de Joliot à Paris, comme celle de Fermi et Szilard aux Etats-Unis, ont une même angoisse : que les Allemands ne mettent au point une arme nucléaire. Heureusement, Hitler ne crut pas à cette voie.

En mars 1939, les savants de Paris sont en tête de la course, décelant le rôle du neutron dans le phénomène de la fission : la loi d'accroissement de leur nombre que Francis Perrin, grand mathématicien est venu formuler en rejoignant l'équipe Joliot. Ils déposent, début mai 39 les brevets énonçant les éléments des futurs réacteurs : flux de neutrons – modérateur – masse critique . . . et ils projettent expérience décisive, mais, pour la réaliser, ils ont besoin d'EAU LOURDE, corps approprié pour ralentir les neutrons, ce qui est nécessaire pour réaliser une fission avec de l'uranium naturel.

L'eau lourde est une eau dans laquelle les atomes d'hydrogène sont lourds, leurs noyaux contenant un neutron en plus, ce qui lui donne la propriété de ralentisseur ou modérateur. Mais cette eau présente naturellement partout dans l'eau de la terre (à raison d'une molécule sur 7000 environ) est très difficile à obtenir et n'est fabriquée qu'en un seul endroit au monde : l'usine de Rjukan Vemork en Norvège ; à cette époque, le stock est de 180 kg.

Joliot et Perrin intervinrent auprès de Raoul Dautry, Ministre de l'Armement qui va obtenir cette eau lourde, au lendemain du refus des Norvégiens à l'envoyé de Hitler. Elle est convoyée par avion vers la France en mars 1940 (à la même époque que Niels Borg), Un mois avant l'invasion de la Norvège par les Allemands !

Cette eau lourde dut être transportée de Paris devant l'avance allemande, vers Bordeaux le 18 juin 1940 le lendemain du voyage du Général DE GAULLE vers l'Angleterre, avec Halban et Kowarski, les collaborateurs de Joliot qui veut rester à Paris.

Dès décembre 1940, ils réalisent l'expérience voulue par Joliot : l'uranium entouré d'une quantité suffisante d'eau lourde permet la multiplication de neutrons : une réaction en chaîne. Enrico Fermi réalisera la première pile (graphite uranium naturel) en décembre 1942 à Chicago.

La Norvège occupée ce sont maintenant les Allemands qui disposent de l'usine l'eau lourde. L'état-major allié décide en 1942 le sabotage de l'usine. Un groupe de quatre Norvégiens est parachuté sur les monts Téliemark pour préparer l'intervention d'un commando aéroporté britannique. Mais, c'est l'échec.

Un second groupe de parachutistes rejoint les premiers en vue de la destruction de l'usine gardée comme une forteresse, au sommet d'une falaise abrupte.

Après une longue attente, cette fois, en dépit des difficultés, c'est un succès complet : le sabotage a demandé seulement quelques minutes, fin février 1943. Les saboteurs gagnent, les uns la Suède, les autres la côte et l'Angleterre. Deux d'entre eux restent en Norvège, échappant aux recherches des Allemands et perdant le contact avec l'état-major allié.

Conscient de la menace qu'ils font peser sur l'usine qui a repris son fonctionnement, le haut commandement allemand décide de transporter l'eau lourde en Allemagne. Mais les saboteurs ont déposé une bombe à retardement dans la cale du ferry qui doit assurer ce transport. Lorsque explose le navire, la bataille de l'eau lourde est définitivement gagnée.

En 1942, Bertrand Goldschmidt assistant de Mme Curie va se réfugier au Canada avec Allier, Guéron et Halban. Ils formèrent le noyau des savants français au Canada, tenus à l'écart du Projet Manhattan américain, qui produisit tous les éléments atomiques (y compris l'eau lourde)...

Goldschmidt deviendra le Directeur de la Chimie au CEA, puis Directeur des Relations Internationales. Il rédigea des mémoires complètes et savoureuses : Les Pionniers de l'Atome.



Comité scientifique du CEA en 1946. De gauche à droite assis: Pierre Auger, Irène Joliot-Curie, Frédéric Joliot-Curie, Francis Perrin, Lew Kowarski ; debout: Bertrand Goldschmidt, Pierre Biquard, Léon Deniwele, Jean Langevin.

2. RÉALISATIONS INDUSTRIELLES

Plusieurs pays se sont lancés dans le développement de réacteurs à eau lourde dans les années 1950 et 1960.

En France, les études furent menées par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui a été créé par le Général de Gaulle le 18 octobre 1945 et dont Joliot-Curie fut le 1^{er} Haut Commissaire.

Le premier réacteur nucléaire à eau lourde, refroidi au gaz¹ est la pile Zoé au fort de Chatillon du CEA de Fontenay-aux-Roses.



Transport de la cuve de la pile Zoé vers le Fort de Chatillon (CEA Fontenay-aux-Roses)



Vues extérieures du bâtiment Zoé à Fontenay-aux-Roses

Elle sera suivie par la pile EL2 (eau lourde n°2) à Saclay, puis par la pile EL3 toujours à Saclay, pour laquelle l'eau lourde jouait à la fois le rôle de modérateur et de fluide primaire.

En 1962, le CEA entame la construction du réacteur nucléaire expérimental EL4, prototype industriel de production d'électricité fonctionnant à l'uranium faiblement enrichi, modéré à l'eau lourde et refroidi au gaz

¹ La pile Zoé était constituée de 1950 kg d'oxyde d'uranium plongé dans 5 tonnes d'eau lourde contenue dans une cuve d'aluminium entouré d'un mur de graphite de 90 cm d'épaisseur. Ce graphite très pur, dit de qualité nucléaire, est entouré d'une enceinte en béton d'1,5 mètre d'épaisseur destinée à absorber les rayonnements. Le refroidissement de cette pile de puissance très faible est assuré simplement par la convection de l'eau lourde dans la cuve et par une circulation forcée d'air autour de la cuve. Plus tard, un système de circulation de l'eau lourde autorisera une montée en puissance jusqu'à 150 kW.

carbonique (filière HWGCR), d'une puissance de 70 MW. Cette centrale, exploitée conjointement par le CEA et EDF et implantée à Brennilis, aux Monts d'Arrée a fonctionné jusqu'en juillet 1985.

A noter qu'en 1971 un autre réacteur expérimental modéré à l'eau lourde a été mis en service en France, pour produire des faisceaux de neutrons. Il s'agit du Réacteur à Haut Flux (RHF), localisé à l'Institut Laue Langevin à Grenoble. Le RHF forme, avec l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) voisin, un complexe unique au monde pour l'exploration de la matière. Sa puissance est de 58 MW. Il constitue une des sources de neutrons les plus intenses du monde.

Au plan des réacteur de production d'électricité, les études du CEA sur les réacteurs à eau lourdes se poursuivirent, en collaboration avec AECL du Canada, jusqu'au projet EL 600 en 1970, présenté par la CGE, en concurrence avec les PWR de Westinghouse-Framatome qui furent retenus par EDF. On aurait pu avoir 20 EL 600 et 40 PWR à la place du parc actuel.

Ce sont les Canadiens qui ont porté le réacteur à eau lourde au stade de grand compétiteur mondial des REP avec le CANDU (CAN : Canada, D : deutérium oxide, U : uranium naturel). On peut dire que le réacteur à eau lourde est le fils naturel de Frédéric Joliot-Curie et de la technologie canadienne.



La centrale nucléaire EL 4 des Monts d'Arrée



Le réacteur à haut flux (RHF) de l'Institut Laue Langevin de Grenoble

3. PRODUCTION D'EAU LOURDE EN FRANCE

La France a produit de l'eau lourde dans des proportions très faibles entre 1958 et 1963. La première usine productrice fut celle de l'ONIA (Office National des Industries de l'Azote) à Toulouse, en place de la fameuse AZF. Des quantités de 2 à 3 tonnes d'eau lourde par an ont été produites sur ce site toulousain que les allemands avaient sélectionné en 1943 en construisant une grande enceinte souterraine au centre du site industriel en prévision d'une production dès fin 1944 qui n'eut jamais lieu.

La production fut poursuivie sur le site frère de Mazingarbe (Pas de Calais) jusqu'en 1971. Le principal client était le Commissariat à l'énergie atomique pour ses besoins expérimentaux et pour la centrale nucléaire expérimentale des Monts d'Arrée à Brennilis. Une partie de cette production fut stockée au sud de Toulouse dans l'ancien camp militaire de Clairfont en bordure de Garonne (un des sites toulousains de Véolia actuellement).

4. BIOGRAPHIE

Michel ROSTAING : Après ses études à l'Institut d'Electrochimie et d'Electrometallurgie de Grenoble il entre au CEA qui l'enverra d'abord à Lacq puis en Suède et l'affecte finalement à Grenoble. Il a été en charge des productions d'eau lourde en France.

Auteur de : " *Guerres d'enfance* " (Souvenirs de la guerre 39-45), suivi de " *Au fil de l'eau lourde* " (Ed Thot, 38 Fontaine, quai du Drac), autobiographie captivante aussi bien au niveau historique que politique et scientifique dont Jean Balestas, Batonnier de Grenoble dit : " « C'est toute une époque que tu fais si bien revivre : la nôtre. . . N'avons-nous pas eu une chance inouïe, celle de l'avoir vécue ? Deux siècles en un ? »