

PRÉSIDENCE DU CONSEIL

COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

PROJET DE PILE A DOUBLE FIN : G 2

P. AILLERET,

Directeur général des Etudes et Recherches
de l'Electricité de France

P. TARANGER et J. YVON

Commissariat à l'Energie atomique

Rapport C.E.A. n° 407

1955

Centre d'Études nucléaires de Saclay
Service de Documentation

- Rapport C.E.A. n° 407 -

PROJET DE PILE A DOUBLE FIN : G 2

par

P. AILLERET

Directeur général des Etudes et Recherches
de l'Electricité de France,

P. TARANGER

Directeur Industriel au Commissariat à l'Energie Atomique

et

J. YVON

Chef du Département des Etudes de Piles

Communication du C.E.A. à la Conférence de Genève

- Août 1955 -

PROJET DE PILE A DOUBLE FIN : G 2

par MM. P. AILLERET (1), P. TARANGER (2), J. YVON (3)

Soucieux d'aboutir le plus rapidement possible aux applications pacifiques de l'Energie Atomique, c'est-à-dire à des centrales industrielles, le Commissariat à l'Energie Atomique a choisi la voie des grandes piles à Uranium naturel, utilisant le graphite comme modérateur, et un gaz sous pression comme fluide de refroidissement.

Concentrant les moyens Français vers cette voie, c'est-à-dire évitant à l'origine de les disperser sur la séparation des isotopes de l'Uranium ou la production massive d'eau lourde, on a préparé la pile G 2 en réalisant successivement la pile de Saclay (P 2) et la pile G 1, qui sont décrites dans d'autres communications françaises. C'est-à-dire que l'on a acquis l'expérience du refroidissement par gaz sous pression dans une pile à eau lourde expérimentale, tandis que l'on abordait l'usage du graphite sur un type simple de pile refroidie à l'air.

La seconde pile à graphite française, G 2, est maintenant en construction à Marcoule, dans le département du Gard : elle fonctionnera dans deux ans.

Il s'agit par conséquent d'une pile utilisant l'Uranium naturel comme combustible, le graphite comme mo-

(1) Membre du Comité de l'Energie Atomique, Directeur Général des Etudes et Recherches de l'Electricité de France.

(2) Directeur Industriel au Commissariat à l'Energie Atomique.

(3) Chef du Département des Etudes de Piles au Commissariat à l'Energie Atomique.

dérateur, et le gaz carbonique comprimé comme fluide de refroidissement.

Le Projet résulte des études conduites en collaboration par :

- Le Commissariat à l'Energie Atomique (Département d'Etudes de Piles)
- Electricité de France (sous région d'équipement nucléaire)
- L'Industrie Française (Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, Société des Forges et Ateliers du Creusot, Société Rateau, Alstom).

1 - Le Cylindre actif.-

Le combustible (100 tonnes d'Uranium) est sous forme d'éléments cylindriques de 26 millimètres de diamètre et de 300 millimètres de long, constitué par un alliage d'Uranium naturel à très faible teneur d'Aluminium, Chaque élément est gainé par un tube de Magnésium muni d'ailettes, qui lui est mécaniquement lié.

Ces "cartouches" reposent dans des canaux de 70 millimètres creusés horizontalement dans le graphite : cette disposition horizontale, peut-être moins satisfaisante qu'une disposition verticale, pour l'esprit de certains mécaniciens, a été pourtant retenue en raison des moindres difficultés d'ordre métallurgique qu'y pose la tenue du combustible.

Le graphite dans lequel sont taillés les canaux a une densité de 1,70, et une section efficace de capture de 4 mb (neutrons de 2.200 mètres par seconde, azote déduit).

Il se présente sous forme de barres de section carrée dont le côté (200 millimètres) a précisément les dimensions du réseau, carré lui aussi.

L'empilement de ces barres de graphite est effectué dans un dièdre droit dont le plan bissecteur est vertical. Aux dimensions du cylindre actif (hauteur : 8,45 mètres - diamètre : 7,80 mètres) qui correspondent à 1.200 canaux, il convient d'ajouter un réflecteur périphérique latéral de 0,500 mètre.

Dans ces conditions, la réactivité, déduction faite des réserves nécessaires à la marche à pleine puissance (effet de température) et à la compensation de l'empoisonnement (Xenon, Samarium ...) soit environ $3.500 \cdot 10^{-5}$ laisse une marge de

quelques milliers de p.c.m. (10^{-5}) qui permettra en particulier une production accessoire d'Uranium 233 à partir de Thorium, l'utilisation d'Uranium naturel légèrement appauvri, un aplatissement du flux neutronique, ou des combinaisons de ces trois facteurs.

2 - Contrôle et sécurité.-

Les dispositifs de contrôle et de sécurité sont ceux que comportent tout réacteur, pour permettre les mesures et réglages de la puissance et de la réactivité, les mesures de températures et de pressions, l'intensité des rayonnements, la détection préventive des fissures de gaines.

3 - Renouvellement du combustible.-

Il est assuré sans qu'il soit besoin d'arrêter la pile : par l'intermédiaire d'un sas étanche mobile, les cartouches sont introduites dans le réacteur sur la face de sortie du fluide de refroidissement. Chaque cartouche neuve est automatiquement poussée dans un canal, poussant devant elle les cartouches du même canal antérieurement chargées.

A leur sortie, les cartouches usées sont évacuées par gravité dans des glissières inclinées à 45° et c'est cette inclinaison qui a déterminé celle de l'empilement de graphite.

Toutes les glissières aboutissent à un dispositif hélicoïdal, ralentisseur de chute, qui permet l'évacuation des cartouches hors de l'enceinte étanche, avec une vitesse faible et indépendante de la position qu'elles occupaient dans la pile.

Ces dispositifs sont contenus dans l'enceinte biologique.

4 - Enceinte biologique : Caisson.-

L'ensemble du bloc pile, des dispositifs de renouvellement du combustible et de la protection thermique doit être enfermé dans une enceinte étanche, résistante à la pression (le gaz carbonique assure le refroidissement à une pression moyenne de 15 Hectopièzes), et percée d'un grand nombre de trous (entrée du combustible, circulations des gaz, barres de contrôle, etc...).

Un réservoir cylindrique d'acier de hauteur et de diamètre bien supérieurs à 10 mètres, répondant à ces conditions, eut, indépendamment des considérations de prix ou de délais, posé des problèmes techniques d'approvisionnements et de construction (soudures, recuit en particulier) en tout état de cause très difficiles.

Il était d'autre part naturel de tenter d'utiliser la présence obligatoire autour d'un réacteur de l'écran biologique, et de construire un caisson étanche en béton.

Mais dans le cas présent, le béton armé classique ne semble pas devoir être retenu, en raison presque paradoxale de la trop grande simplicité mécanique du problème constructif : les formes de l'ouvrage et les conditions de charge rappellent celles d'une conduite forcée et ne requièrent pas assez expressément l'appel aux qualités essentielles du béton armé classique ; monolithisme et faculté d'adaptation, grâce à laquelle les ressources de l'hyperstatisme sont pleinement exploitables, dans le cas, par exemple, d'un ouvrage à étages et travées multiples, formé de cadres entrecroisés.

On a donc retenu une solution en béton précontraint, où toute la résistance du corps cylindrique est demandée à la précontrainte (frettes) laquelle joue encore un grand rôle dans la stabilité des fonds et, surtout, dans leur solidarisation avec le corps cylindrique.

Le choix de taux de contrainte modérés permet de conserver un avantage du béton armé classique sur le réservoir d'acier : celui de réduire une explosion à des fuites dans le cas où l'usure due aux variations de température et au rayonnement ne permettrait pas de résister à un incident de pression.

Enfin, et pour éviter toute fuite du caisson en béton, celui-ci est tapissé intérieurement d'une chemise en tôle d'acier : la circulation de gaz carbonique froid entre cette chemise et la protection thermique permet de maintenir le béton à une température admissible.

5 - Circuit de refroidissement.-

Le flux dans l'Uranium ($2,5 \times 10^{13}$ neutrons par centimètre carré et par seconde au centre de la pile) décroît vers la périphérie. Deux limites de température, suivant que l'on considère donc le centre ou la périphérie du réacteur, commandent le dispositif de refroidissement : il ne faut dépasser ni 550° C au coeur de l'Uranium, ni 400° C sur les gaines de magnésium.

D'autre part, un équilibre entre les deux buts de la pile, la production du Plutonium et celle d'énergie, impose l'admission d'un fluide plus froid dans les canaux centraux.

On a donc divisé la face d'entrée du gaz carbonique en 3 secteurs concentriques où le gaz est admis à des températures différentes et réglables. Un laminage, par canal, assure à la sortie une finition du réglage.

Les gaz provenant des 3 secteurs se mélangent à la sortie, à une température moyenne supérieure à 300° C. Cependant, un prélèvement des gaz périphériques, plus chauds, permet la surchauffe de la vapeur : celle-ci est produite dans un système d'échangeurs bouilleurs et par l'intermédiaire de turbines classiques, entraîne un alternateur et les compresseurs de gaz carbonique. Une petite chaudière annexe est donc nécessaire pour le démarrage des installations qui fournissent ainsi, à pleine puissance, une puissance nette d'environ 30.000 KW.

FIN