

# La source chaude du réacteur à haut flux

Par G. BOHME\*, W. DREXEL\*\* et F. WUNDERLICH\*

## Résumé :

Pour obtenir un gain sur le flux de neutrons chauds (0,15 à 1eV) pour 4 canaux du RHF, une "source chaude" est installée dans le réflecteur d'eau lourde. La source proprement dite est un bloc de graphite porté à 2 000 °K par le rayonnement nucléaire. Entourée de laine de graphite, la source est isolée de l'eau lourde par une double enceinte. La surveillance des pressions du circuit d'hélium associé assure, avec les précautions constructives, la sûreté de l'installation.

## Summary :

To achieve a gain on the hot neutron flux (0,15 to 1eV) for 4 HFR channels, a "hot source" is set up in the heavy water reflector. The source itself is a block of graphite heated to 2 000 °K by nuclear radiation. Surrounded by graphite wool, it is insulated from the heavy water by a double enclosure. Safety of the unit is maintained by supervision of the helium circuit pressures together with built-in safety measures.

## Zusammenfassung

Um den Fluss heisser Neutronen (von 0,15 bis 1 eV) in vier Kanälen des HFR zu erhöhen, wurde eine "heisse Quelle" in den Schwerwasserreflektor eingebaut. Die eigentliche Quelle besteht aus einem Graphitblock, der durch die nukleare Strahlung auf 2000°K erwärmt wird. Er ist mit Graphitfilz umgeben und durch einem doppelten Behälter vom Schwerwasser getrennt. Die Sicherheit der Anlage wird durch die Drucküberwachung des Heliumkreislaufes und durch konstruktive Massnahmen gewährleistet.

## I. BUT

Il a été prévu, pour le RHF, un équipement permettant la fabrication de neutrons "chauds" dans le réacteur. Pour cela on a remplacé une partie du modérateur, (D<sub>2</sub>O) par un matériau modérateur à haute température (source chaude), dans lequel le flux de neutrons d'une

énergie d'environ 0,15 à environ 1 eV est augmenté. Par 4 canaux dirigés vers la surface du modérateur chaud, les neutrons sont conduits de la source chaude aux expériences qui ont pour but la recherche des propriétés des matériaux condensés.

Etant donné que ce sujet constituera le domaine principal de travail du RHF, la source chaude se trouve

\*GFK 75 Karlsruhe, Postfach 3640 - RFA

\*\*Institut Max Von Laue-Paul Langevin

être un des plus importants dispositifs expérimentaux du RHF. Elle a été développée au Centre de Recherche Nucléaire de Karlsruhe, en étroite collaboration avec le groupe de projet du RHF. La réalisation en a été confiée à la Société W.C. HERAEUS-HANAU.

La source chaude proprement dite est un bloc de graphite cylindrique de 20 cm de diamètre et d'environ 30 cm de haut, ayant une température de 2 000 °K. Il se trouve dans le réflecteur d'eau lourde, au-dessus du plan médian du cœur ; son axe est parallèle à l'axe du cœur ; l'écartement entre ces deux axes est de 52 cm. La figure 1 indique les flux neutroniques différentiels attendus approximativement à la surface frontale d'un canal d'irradiation de la source chaude et à celle d'un canal tangentiel normal du RHF, en fonction de l'énergie des neutrons. Dans le domaine d'énergie de 0,3 à 0,4 eV, on constate un gain d'un facteur 15 sur le flux pour les canaux, issus de la source chaude. A ce sujet, en comparaison avec le canal tangentiel normal, le flux de neutrons rapides est plus faible au niveau de l'expérience car les nez des canaux de la source chaude sont éloignés du cœur.

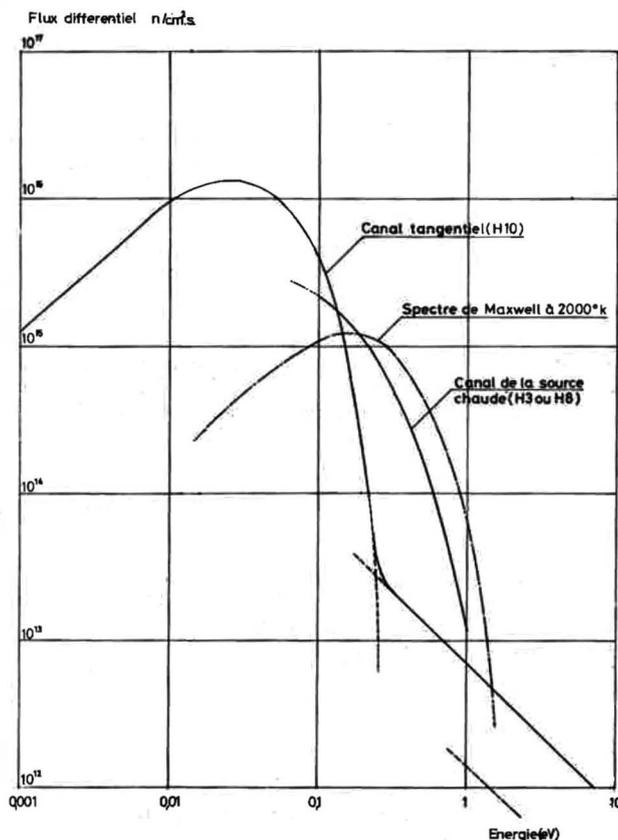


Figure 1 : Flux neutronique différentiel au nez d'un canal issu de la source chaude et d'un canal tangentiel normal du R.H.F.

## II. CONCEPTION TECHNIQUE

La conception technique de la source chaude est essentiellement définie par le risque résultant de la présence d'un bloc de graphite chaud (environ 50 MJ d'éner-

gie thermique accumulée) dans le réflecteur d'eau lourde du réacteur.

La figure 2 montre la disposition de la source chaude dans le réacteur. La source est montée verticalement et introduite par le haut dans le réacteur. Les installations d'alimentation, de contrôle et de commande sont disposées dans le ahl du réacteur et reliées à la source par une conduite. La partie inférieure de la source, l'enceinte en zircaloy, se place face à la surface frontale des 4 canaux visant la source chaude. Le jeu entre la paroi extérieure de la source et les nez de canaux est de 5 mm. Le chauffage du bloc de graphite se fait par le rayonnement du réacteur, la puissance de chauffage est d'environ 12 kW.

Comme isolant thermique, on a un feutre de graphite (poids spécifique 0,1 g/cm<sup>3</sup>), qui permet en même temps d'encasturer solidement le bloc de graphite dans son container (Figure 3). Pour parvenir à une température moyenne de 2 000 °K dans le graphite, il est nécessaire d'avoir une couche de feutre épaisse de 4 cm dans la partie cylindrique. La chaleur est évacuée par le courant d'eau lourde du réflecteur, courant dirigé vers le haut, avec une vitesse de 0,15 m/s.

Le réservoir est exécuté en double paroi pour des raisons de sécurité.

L'intérieur et le jeu entre les parois sont remplis d'hélium. Pour maintenir la température des parois intérieures du réservoir aussi basse que possible, les deux réservoirs cylindriques et fermés par des fonds sphériques (épaisseurs des parois : 2,5 mm chacune) sont encasturés l'un dans l'autre avec le moins de jeu possible. Sur le côté extérieur du réservoir intérieur, est taillé un réseau serré de fines rainures de guidage d'hélium, essentiellement pour pouvoir constater une fuite dans les parois du réservoir par la présence d'hélium.

Le plus grand flux thermique se dégage sur le côté proche du cœur dans la région cylindrique. Il se monte, lors du passage de la paroi à l'eau lourde, à environ 12 W/cm<sup>2</sup>. Etant donné que le jeu maximum permis entre les deux parois du réservoir est fixée à 0,2 mm, il en résulte une limite supérieure de 260 °C pour la température de la paroi intérieure du réservoir.

Dans la partie supérieure de l'ensemble "source chaude", il y a un réservoir de compensation en relation avec l'intérieur du container de la source. Ce système intérieur est entièrement entouré par un système extérieur, auquel appartient le jeu entre les parois du réservoir ainsi que la conduite d'alimentation. Systèmes intérieur et extérieur restent constamment fermés en fonctionnement normal. La pression baisse graduellement du système intérieur au système extérieur vers l'environnement extérieur (pression maximum dans le système intérieur : environ 8,5 bars, pression dans le réflecteur D<sub>2</sub>O du réacteur : 3,2 bars).

A côté du contrôle de la pression dans le système intérieur et extérieur, on a prévu un contrôle de température permanent au moyen de thermocouples chromèl-

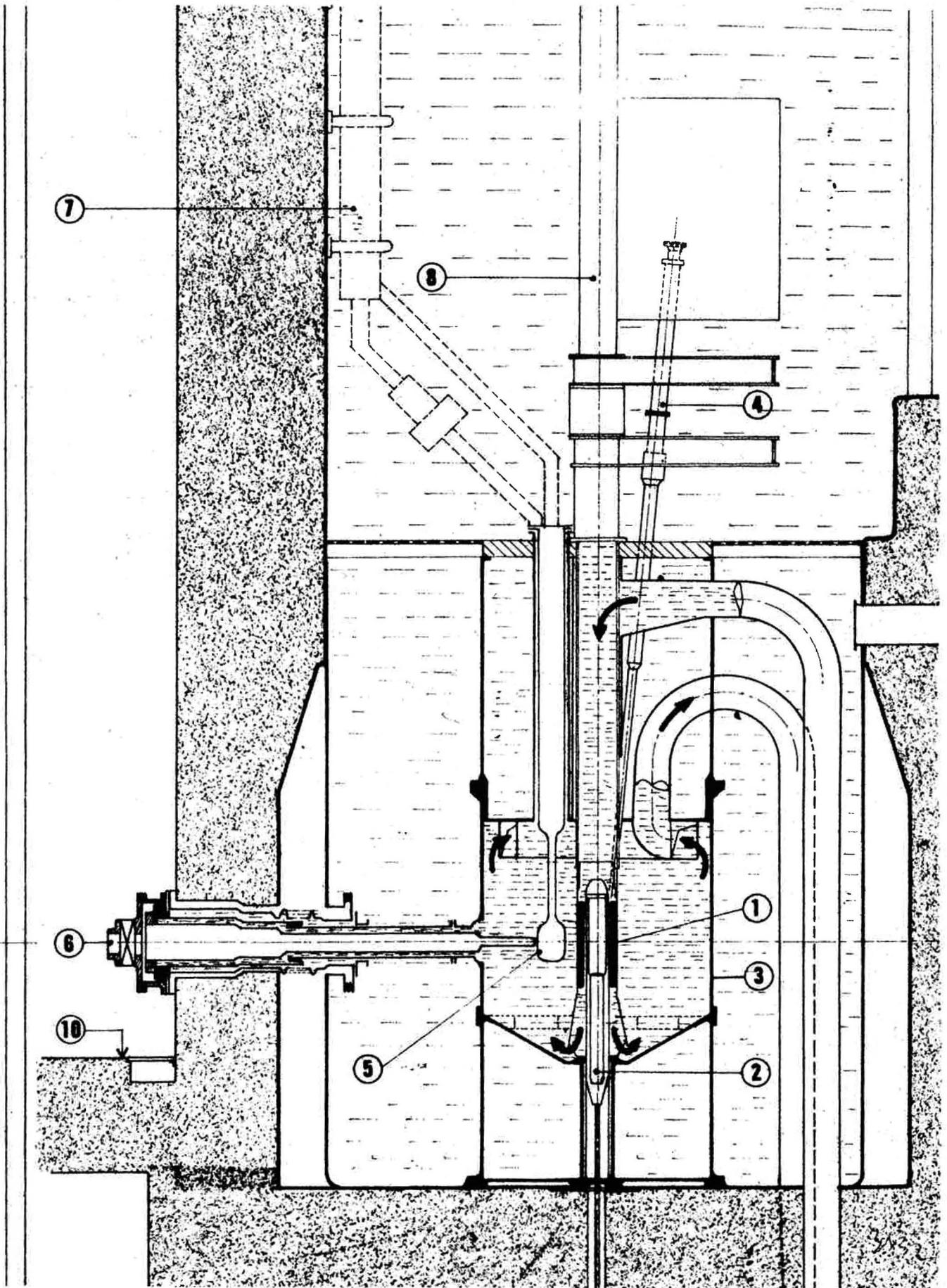


Figure 2 : Situation de la source chaude dans le réacteur

1-coeur du réacteur

6-canal visant la source chaude

5-source chaude

7-tuyauteries de liaison

### III. SECURITE

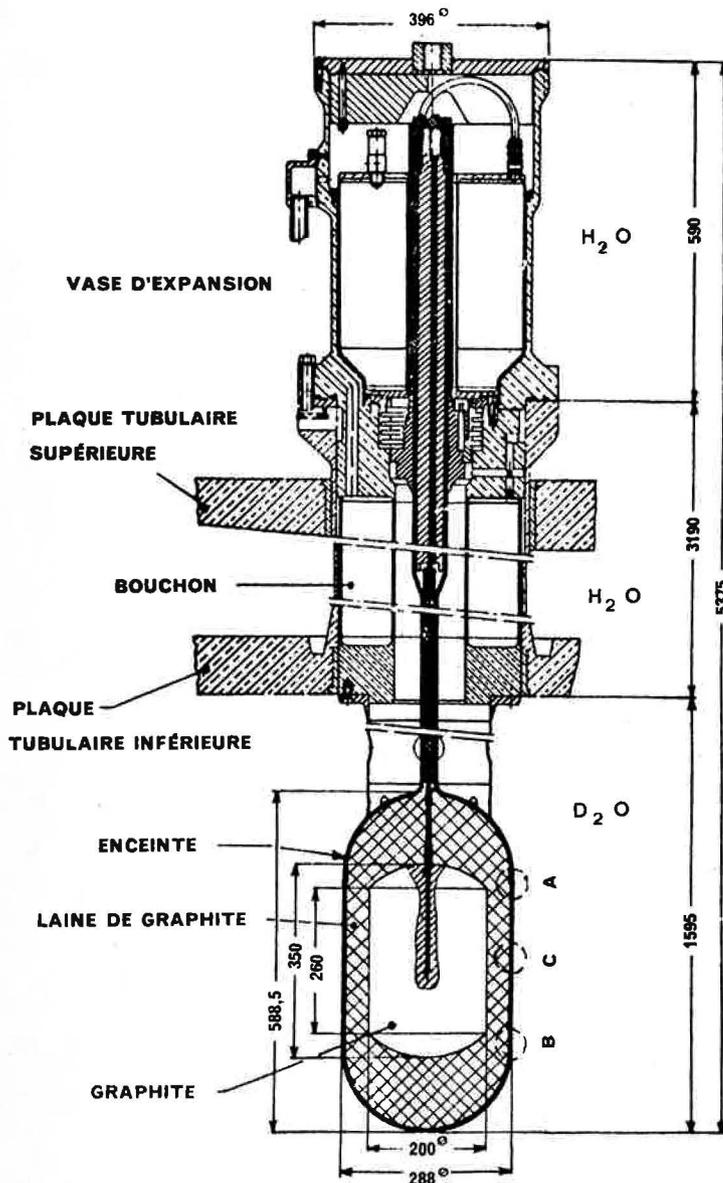


Figure 3 : Coupe verticale de la source chaude.

aludel, à environ 15 emplacements sur la paroi intérieure du container de la source. En outre, on a la possibilité de mesurer la température du graphite de temps en temps au moyen d'un thermocouple pour haute température, interchangeable.

En cas d'incident éventuel, le danger déterminé par la présence du bloc de graphite chaud ne peut être rapidement écarté par la mise hors circuit du réacteur, car le refroidissement du graphite dure plusieurs heures.

Un refroidissement de secours rapide n'est pas prévu, car ce serait techniquement trop complexe à mettre en oeuvre et pourrait créer de nouveaux dangers. Au lieu de cela, l'installation sera faite de telle sorte que les dommages — avant tout les fuites — pourront être détectés le plus tôt possible et que les suites d'un dommage resteront dans des limites tolérées.

En conséquence, on a prévu les dispositifs de sécurité suivants :

- Contrôle permanent et précis de l'espace entre parois par la surveillance de la pression dans le système d'hélium extérieur. Les pressions sont choisies de telle sorte que la montée de pression montre une fuite entre le système intérieur et extérieur, et que la baisse de pression montre une fuite entre le système extérieur et l'environnement extérieur.
- Alimentation en gaz, en cas de fuite, entre le système extérieur et l'environnement extérieur, afin d'éviter la pénétration d'eau lourde ou légère. On fera arriver l'hélium de l'armoire de commande dans le système extérieur.
- Provoquer une égalisation rapide des pressions entre le système intérieur et extérieur en cas de fuite à la paroi intérieure du réservoir, au moyen d'une soupape électromagnétique placée sur le réservoir de compensation. C'est nécessaire, afin d'éviter que les parois du réservoir ne s'échauffent trop au contact du gaz chaud qui passe alors dans le jeu entre les parois.

Afin d'examiner le comportement des matériaux prévus à hautes températures, un essai préliminaire avec simulation des conditions thermiques a été effectué. L'influence du rayonnement (flux de neutrons thermiques :  $10^{15}/\text{cm}^2$ , flux de neutrons rapides, maximum :  $10^{13}/\text{cm}^2$ ) sera contrôlée par une inspection de la source chaude après quelques mois de fonctionnement du réacteur.