

**PREMIER MINISTRE  
COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE**

**DISPOSITIF D'IRRADIATION SOUS CHAMP MAGNETIQUE  
EN PILE PISCINE  
A HAUTE OU BASSE TEMPERATURE**

**par**

**J. PAULEVE**

**Rapport CEA n° 2134**

**1962**

**CENTRE D'ETUDES  
NUCLEAIRES DE GRENOBLE**

CEA 2134 - PAULEVE J.

DISPOSITIF D'IRRADIATION SOUS CHAMP MAGNETIQUE EN PILE PISCINE,  
A HAUTE OU BASSE TEMPERATURES (1962).

Sommaire. - Le problème de l'irradiation en pile-piscine sous un champ magnétique permanent jusqu'à 5 000 oersteds est résolu par l'utilisation d'un solénoïde à haute densité de courant, refroidi directement par l'eau de la pile. Le volume relativement important disponible à l'intérieur du solénoïde permet d'y introduire deux fours ou un cryostat à azote liquide.

---

CEA 2134 - PAULEVE J.

APPARATUS FOR IRRADIATING IN A MAGNETIC FIELD IN A SWIMMING-  
POOL TYPE REACTOR, AT HIGH OR LOW TEMPERATURES (1962).

Summary. - An apparatus for irradiation in a swimming-pool with a magnetic field of 5 000 oersteds is described. An aluminium coil with a very high current density is water cooled. A relatively great volume can be used in the coil center, and two furnaces can be introduced, or a liquid nitrogen cryostat.

- Rapport C.E.A. n° 2134 -

CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE

DISPOSITIF D'IRRADIATION SOUS CHAMP MAGNETIQUE  
EN PILE PISCINE  
A HAUTE OU BASSE TEMPERATURE

par

J. PAULEVE

- 1962 -

**DISPOSITIF D'IRRADIATION SOUS CHAMP MAGNETIQUE  
EN PILE PISCINE  
A HAUTE OU BASSE TEMPERATURE**

Le dispositif décrit ici permet l'irradiation de matériaux sous un champ magnétique de 2 000 à 5 000 oersteds. Il peut comporter deux fours travaillant à des températures différentes, entre 50 et 400°C, ou un cryostat à azote liquide.

**1. CHAMP MAGNETIQUE**

On crée le champ magnétique par un solénoïde en fil d'aluminium oxydé, refroidi par un courant d'eau en contact direct avec le fil.

L'ensemble, représenté sur la figure 1, fonctionne immergé dans l'eau de la pile piscine Mélusine. Son encombrement est inférieur à celui d'un élément combustible, ce qui permet son implantation, par l'intermédiaire d'un embout de fixation identique à ceux des éléments combustibles, dans les trous de la grille voisins du coeur.

Le solénoïde est constitué par deux couches de fil d'aluminium oxydé anodiquement, bobiné à spires jointives sur les deux faces d'un tube d'alumine frittée (figure 2).

Les extrémités du fil sont maintenues en place par des butées en alumine. Le tube d'alumine, qui porte le solénoïde, est fixé dans le tube support par des pièces ajourées qui permettent la circulation de l'eau, dans l'espace ménagé entre le solénoïde et les tubes intérieurs et extérieurs.

Les fils de sortie sont gainés d'un tube de silice jusqu'au méplat d'aluminium oxydé qui assure la remontée en surface. Ce méplat est fixé au moyen de baguettes d'alumine jusqu'à une distance suffisante du coeur. On revient ensuite aux isolants classiques : gainage par un tube souple de polyéthylène.

Le refroidissement est assuré par la circulation de l'eau de la piscine dans un espace libre de 3 à 4 mm, sur chaque face du solénoïde. Cette circulation peut être assurée soit par la réfrigération du coeur si l'embout de fixation est percé, soit, comme le montre la figure 1, par une pompe aspirante. Celle-ci est immergée dans la piscine à cause de la radioactivité de l'eau qui vient de passer vers le coeur (figure 3). Du fait du contact direct du courant d'eau avec chaque couche de fil d'aluminium oxydé, le refroidissement est excellent et permet des densités de courant particulièrement élevées.

L'alimentation en courant continu est fournie par un transformateur triphasé alimentant un pont de 6 redresseurs au silicium. Un dispositif de sécurité coupe immédiatement l'alimentation en cas d'arrêt de la réfrigération du solénoïde.

Malgré la haute pureté de l'eau de la pile et l'oxydation de l'aluminium, on est amené à travailler à basse tension à cause des légers phénomènes d'électrolyse qui attaquent lentement le fil d'aluminium.

Les caractéristiques des dispositifs réalisés actuellement sont les suivantes :

champ magnétique	:	2 500 oersteds
puissance électrique	:	9 kilowatts
diamètre du fil du solénoïde	:	2 mm
intensité du courant continu	:	200 ampères
échauffement maximum du fil	:	5 degrés
résistance d'isolement du solénoïde		
par rapport à la masse	:	20 000 ohms
encombrement extérieur : diamètre	:	70 mm
espace libre à l'intérieur du solénoïde:		
- pour un four : diamètre, 28 mm, longueur, 155 mm		
- pour un cryostat: diamètre, 40 mm, longueur, 125 mm		
durée de fonctionnement normal : 3 000 à 4 000 heures.		

Four ou cryostat sont indépendants du solénoïde et y sont simplement introduits pour l'irradiation, le solénoïde et son support restant normalement en place sur la grille du coeur.

L'ensemble, réalisé entièrement en matériaux dont l'activité après irradiation est à courte période (alumine et aluminium), est manipulable peu de temps après irradiation.

## 2. FOURS

Le four représenté figure 4 permet d'irradier simultanément, sous champ magnétique, deux échantillons pouvant avoir un diamètre maximum de 14 mm. Les températures de chaque échantillon peuvent être réglées indépendamment l'une de l'autre entre 50°C et 400°C.

Le diamètre extérieur de l'ensemble est seulement de 28 mm. Les dimensions ont été réduites au maximum afin d'avoir un solénoïde aussi long que possible pour la puissance choisie ce qui assure une bonne uniformité du champ dans la région contenant les échantillons.

L'ensemble comprend :

- un tube extérieur étanche immergé directement dans l'eau de la pile qui assure son refroidissement. Ce tube a 2,50 m de longueur, ce qui permet d'assurer l'étanchéité à la tête, par des joints ordinaires : on se trouve en effet à 2 m du coeur de la pile et les rayonnements sont assez faibles pour assurer une longévité convenable des joints.

- un premier four fixe est porté par un tube d'aluminium fixé à la tête du four. Ce tube est aminci près du four pour en diminuer la conductibilité thermique. Le four lui-même est un cylindre d'aluminium portant un enroulement chauffant en "thermocoax" et un thermocouple du type "thermocoax" également. L'isolement thermique est assuré par un espace de 2 mm entre le four et le tube extérieur. Les remontées des conducteurs se font entre les deux tubes et sortent par la tête dans un tube souple étanche en acier inoxydable qui les ramène en surface.

Afin de limiter les effets de l'échauffement des échantillons sous l'effet des rayonnements de la pile, en particulier du rayonnement  $\gamma$ , les échantillons sont encastrés aussi exactement que possible dans un bloc d'aluminium porte-échantillon, qui est lui-même introduit dans le four avec un jeu de 0,1 mm. Les échanges thermiques avec le four sont ainsi très actifs et la température de l'échantillon est très sensiblement celle qu'indique le thermocouple. Lors des défournements on retire seulement le porte-échantillon.

- un deuxième four est fixé lui aussi à la tête par un tube d'aluminium qui contient ses connexions et se prolonge vers la surface de la piscine par un tube souple d'acier inoxydable.

Afin de limiter l'encombrement, ce four est constitué par le porte-échantillon lui-même : celui-ci s'ouvre en deux moitiés dans le sens longitudinal de façon à recevoir l'échantillon. Chaque moitié porte un bobinage longitudinal, en fil de nichrome, fixé et isolé par des tubes fins d'alumine. Un thermocouple pénètre dans une des moitiés du porte-échantillon. Les deux moitiés, articulées en A, sont ensuite maintenues en contact par un ressort en forme de U réalisé en "atominphy" alliage qui reste élastique à 400°C.

L'isolement thermique est lui aussi assuré par un espace de 2 mm entre ce four et le tube support du four fixe.

Pour retirer l'échantillon, on sort l'ensemble du tube et du four et on ouvre celui-ci dans une cellule chaude convenablement équipée, car la radioactivité de l'ensemble est assez forte.



En surface les connexions des fours sortent des tubes souples d'acier inoxydable par des boîtes étanches qui permettent en même temps de contrôler l'atmosphère intérieure des fours. On peut soit travailler sous vide, soit sous hélium, selon la température.

La température de chaque four est stabilisée à  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  par une régulation de température, à partir des indications des thermocouples.

La figure 3 donne un schéma de l'ensemble de l'installation.

### 3. CRYOSTAT

Un solénoïde d'un diamètre intérieur de 40 mm peut recevoir l'extrémité d'un cryostat spécialement adapté <sup>1)</sup> permettant ainsi l'irradiation sous champ à  $-195^{\circ}\text{C}$ .

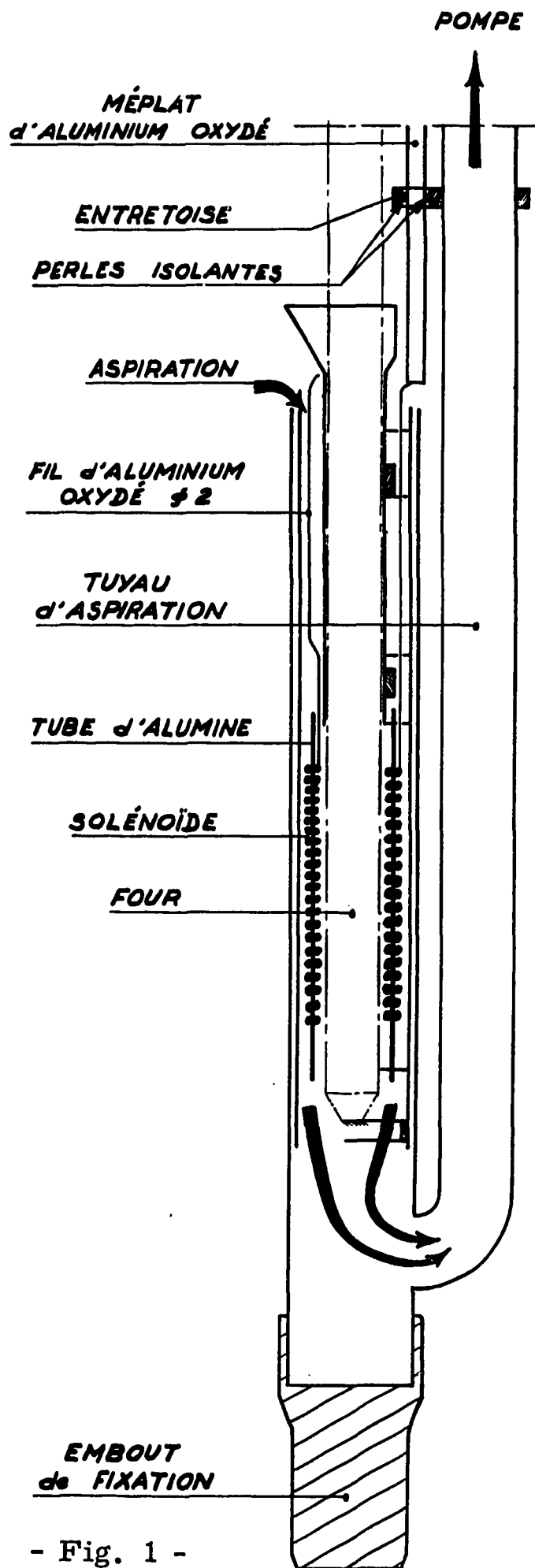
*Manuscrit reçu le 15 mars 1962*

---

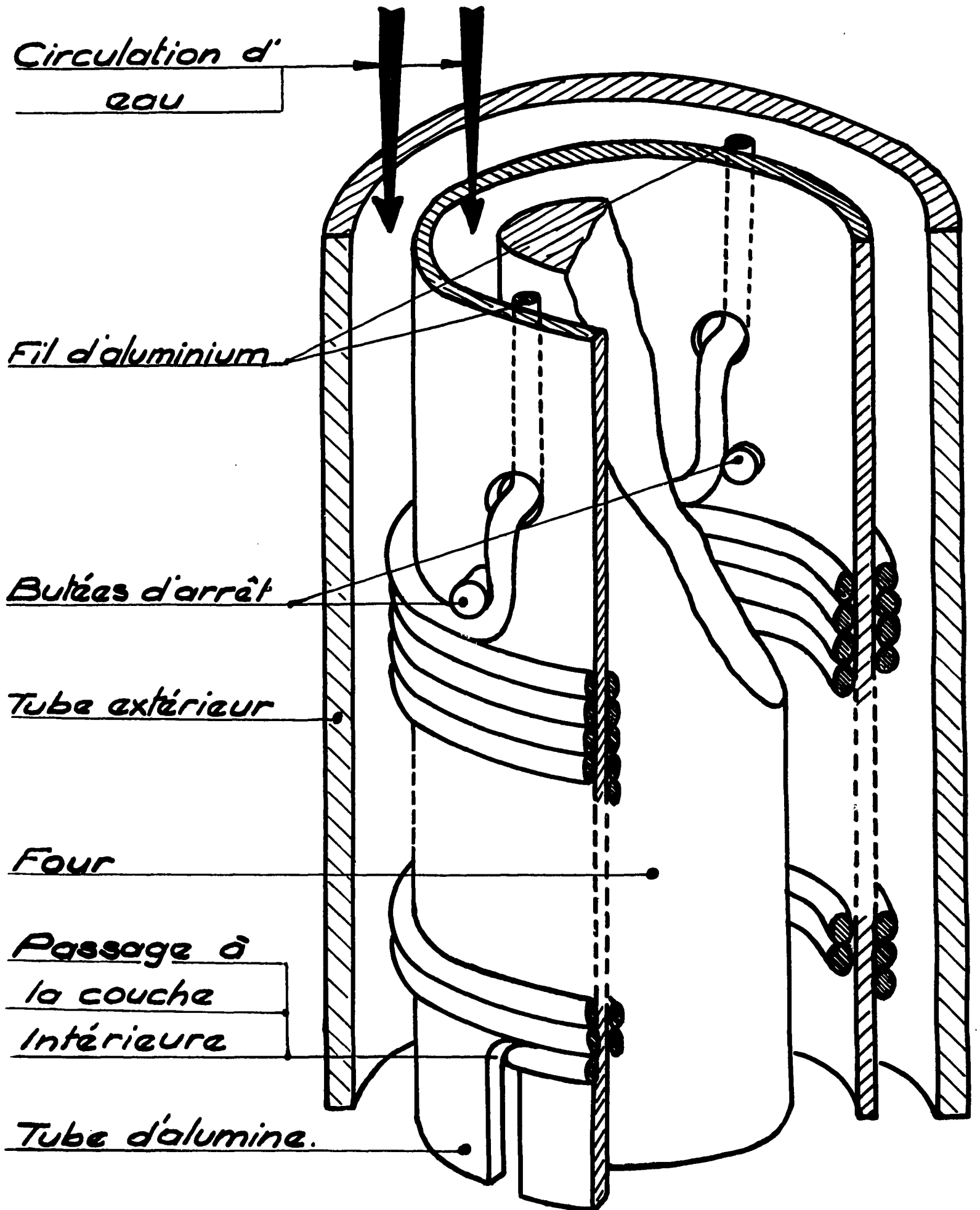
<sup>1)</sup> BOCHIROU, DOULAT, WEIL, rapport CEA n° 1827

## LEGENDE DES FIGURES

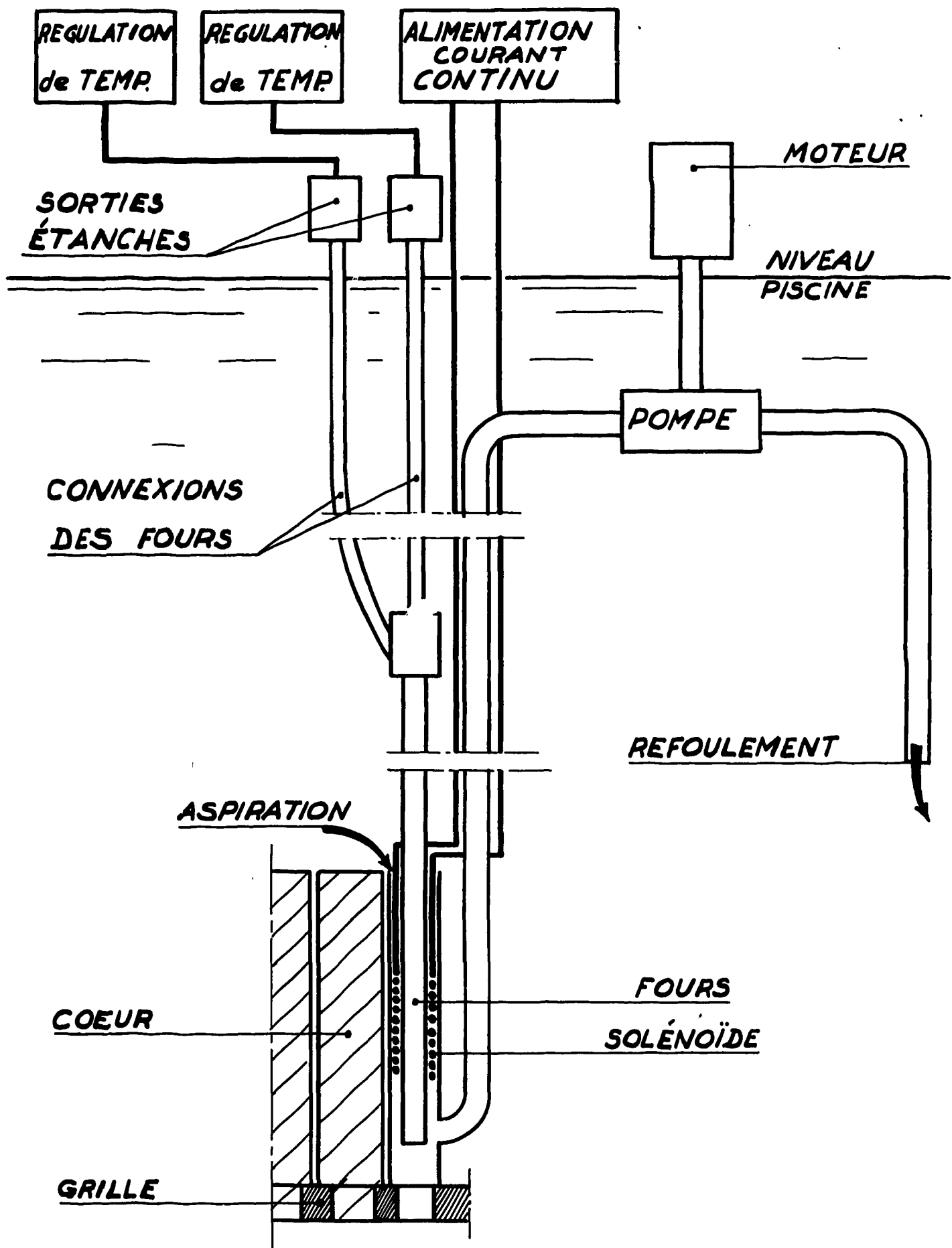
- Figure 1 Ensemble du solénoïde et de son système de refroidissement
- Figure 2 Détail du montage du solénoïde
- Figure 3 Schéma d'ensemble du dispositif d'irradiation en pile piscine
- Figure 4 Ensemble des deux fours pour irradiation sous champ



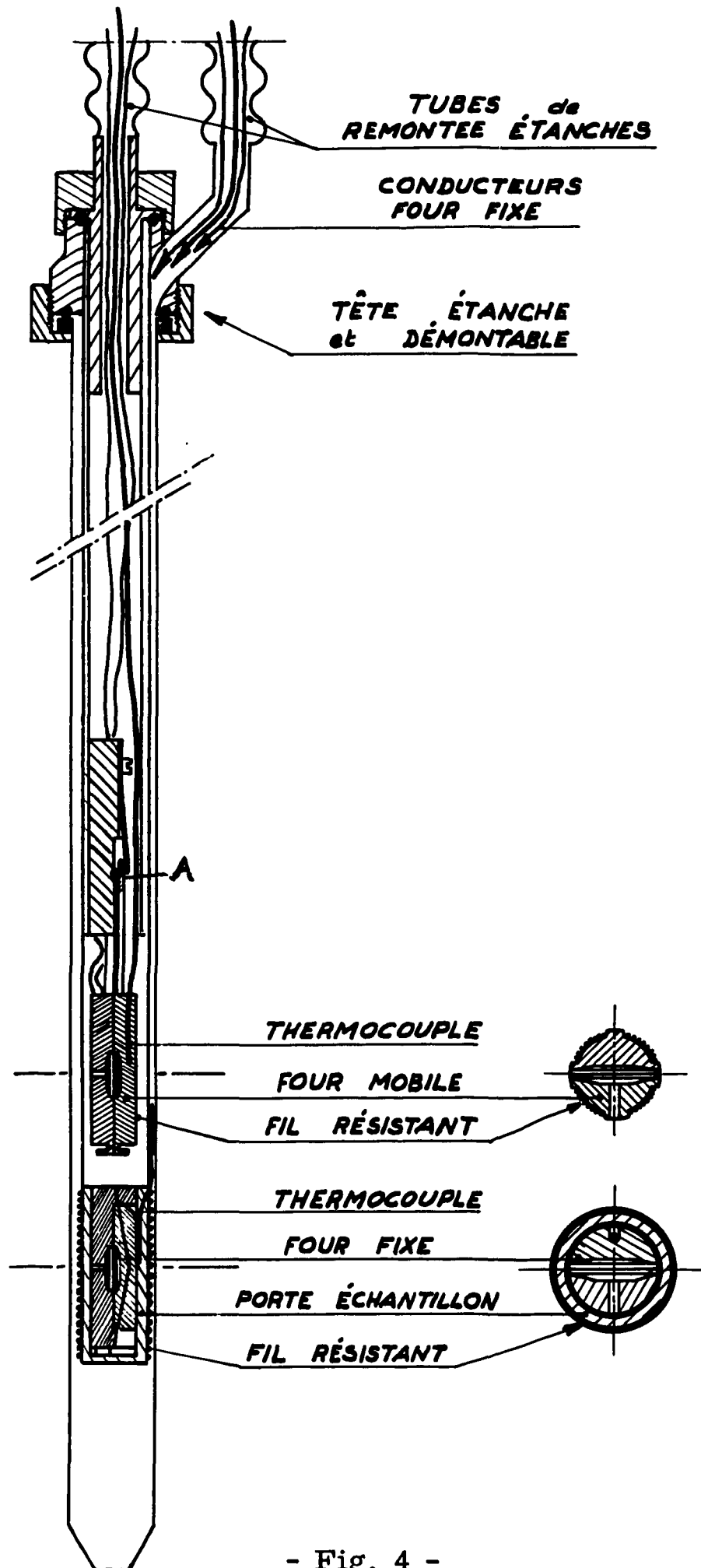
- Fig. 1 -



- Fig. 2 -



- Fig. 3 -



**FIN**