

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 75 25677

(54) **Assemblage combustible nucléaire.**

(51) **Classification internationale (Int. Cl.²). G 21 C 3/32, 15/06.**

(22) **Date de dépôt 19 août 1975, à 15 h 32 mn.**

(33) (32) (31) **Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée en Grande-Bretagne le 20 août 1974, n. 36.640/1974 au nom du demandeur.***

(41) **Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 12 du 19-3-1976.**

(71) **Déposant : Etablissement public dit : UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY
AUTHORITY, résidant en Grande-Bretagne.**

(72) **Invention de :**

(73) **Titulaire : *Idem* (71)**

(74) **Mandataire : Simonnot, Rinuy, Santarelli.**

La présente invention concerne des assemblages combustibles pour réacteurs nucléaires dans lesquels le fluide de refroidissement utilisé est de l'eau légère ou lourde. Dans une forme courante d'assemblage combustible, les éléments combustibles sont supportés en une grappe et sont maintenus à distance les uns des autres par des grilles transversales de manière que les espaces séparant les éléments forment des canaux secondaires dans lesquels le fluide de refroidissement principal du réacteur passe dans une direction parallèle aux axes longitudinaux des éléments combustibles. Pour assurer un refroidissement auxiliaire, il a été proposé antérieurement de disposer des conduits de refroidissement auxiliaire parmi les éléments combustibles de la grappe. Ces conduits présentent des parois latérales perforées au hasard et une extrémité borgne de manière qu'en les reliant à une source de fluide de refroidissement, des jets du fluide de refroidissement auxiliaire puissent être dirigés dans la grappe des éléments combustibles perpendiculairement au sens d'écoulement du fluide de refroidissement principal.

Selon la présente invention, un assemblage combustible pour réacteur nucléaire comporte une grappe d'éléments combustibles nucléaires supportés à distance les uns des autres, leurs axes étant parallèles et délimitant entre eux des canaux secondaires destinés au fluide de refroidissement principal, plusieurs conduits de refroidissement auxiliaire disposés parmi les éléments de la grappe, chaque conduit comportant des trous d'éjection du fluide de refroidissement dans la paroi selon une configuration circonférentielle qui est prédéterminée par la position du conduit dans la grappe et par la distance axiale du trou d'éjection le long du conduit.

Egalement selon l'invention, un assemblage combustible nucléaire comprend une grappe d'éléments combustibles supportés à l'intérieur d'une paroi tubulaire ouverte à ses extrémités et à distance de cette dernière, les éléments étant espacés sur une première série de positions du réseau, les interstices entre les éléments définissant des canaux secondaires pour l'écoulement du fluide de refroidissement principal d'une extrémité

de la grappe à l'autre, plusieurs conduits réservés à un fluide de refroidissement auxiliaire sur une seconde série des positions du réseau pour admettre et injecter le fluide de refroidissement auxiliaire dans les canaux secondaires dans une direction perpendiculaire au sens d'écoulement du fluide de refroidissement principal, lesdits conduits comprenant plusieurs tubes borgnes longeant certains des canaux secondaires et comportant, dans leur parois, des trous d'éjection du fluide de refroidissement, l'orientation desdits trous étant déterminée par la position du conduit dans la grappe et certains des conduits au moins présentant des trous d'éjection qui dirigent le fluide de refroidissement sur la paroi tubulaire qui peut constituer un dissipateur de chaleur.

Comme on le sait, il est courant de positionner les éléments combustibles sous forme d'une grappe ou faisceau au moyen de grilles comportant plusieurs cellules traversées par lesdits éléments. Dans la présente invention, il est avantageux de placer l'écartement axial des trous des conduits par rapport à l'écartement des grilles de manière que les trous d'éjection soient à proximité d'une grille, ce qui diminue la formation éventuelle de points chauds sur l'élément combustible qui ne peuvent pas subir un refroidissement.

La paroi tubulaire ouverte à ses extrémités peut être de section circulaire ou polygonale perpendiculairement à son axe longitudinal et peut entourer une grappe se composant d'éléments combustibles nucléaires disposés en rangées annulaires, un conduit central du fluide de refroidissement auxiliaire et un certain nombre de conduits satellites, ces derniers étant logés dans les canaux secondaires ménagés entre les deux rangées annulaires des éléments combustibles les plus rapprochées de la paroi tubulaire. Les trous d'injection de ces conduits sont alors orientés alternativement vers l'extérieur à l'écart de l'axe longitudinal passant par le centre de la grappe et vers l'intérieur en étant inclinés vers l'axe.

Il est également préférable que le conduit central comporte trois trous d'éjection équidistants autour de sa circon-

férence, mais dont l'orientation relative est décalée de 60° d'une position à l'autre. Les trous d'éjection à la fois du conduit central et des conduits satellites réservés au fluide de refroidissement auxiliaire sont placés de préférence à un certain nombre de positions ou niveaux communs le long de l'axe.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemple nullement limitatif et sur lesquels :

la figure 1 montre la disposition générale d'un assemblage combustible nucléaire en partie en coupe ;

la figure 2 est une vue en plan en partie schématique d'un assemblage combustible montrant le réseau circulaire des éléments combustibles ;

les figures 3 et 4 sont des schémas montrant les directions relatives d'injection du fluide de refroidissement auxiliaire ;

la figure 5 est une vue de côté d'un conduit satellite réservé au fluide de refroidissement auxiliaire ;

les figures 6a, 6b et 6c sont des coupes suivant les lignes VIa-VIa, VIb-VIb et VIc-VIc de la figure 5 tournées de 90° ;

les figures 7a et 7b sont des coupes d'un tube central de refroidissement auxiliaire aux niveaux I à IX et au niveau X respectivement ; et

les figures 8a et 8b montrent les niveaux auxquels les trous d'éjection du fluide de refroidissement auxiliaire sont placés par rapport aux grilles intermédiaires qui positionnent les éléments dans la grappe.

En se référant tout d'abord aux figures 1 et 2, on a représenté un assemblage combustible nucléaire comprenant une grappe 1 d'éléments combustibles 2 supportés dans une première série de positions du réseau parallèlement les uns aux autres par des grilles transversales. Une grille supérieure est représentée en 3 et une grille inférieure en 4. Entre les grilles 3 et 4 se trouvent un certain nombre de grilles intermédiaires dont une est désignée par 5. Ces grilles comportent toutes

soixante positions dans la première série, qui sont occupées par les éléments combustibles 2 et les interstices entre les éléments définissent des canaux secondaires 6 (figure 2). Les positions du réseau d'une seconde série (sept dans cet exemple) 5 coïncident avec certains des canaux secondaires et sont occupées par des conduits satellites 7 et par un conduit central 8 réservés au fluide de refroidissement auxiliaire. Les conduits 7 et 8 sont fermés à leurs extrémités inférieures et communiquent par leurs extrémités supérieures avec un collecteur 9 de fluide 10 de refroidissement qui, en fonctionnement, est relié à une source S de fluide de refroidissement auxiliaire. Les conduits 7 et 8 présentent des trous 7a, 8a dans leur paroi latérale, de sorte que le fluide de refroidissement introduit dans les conduits est éjecté latéralement. Un prolongement de l'extrémité fermée du 15 conduit 8 supporte un croisillon 10 auquel est fixée l'extrémité inférieure d'un raccord 11 de la grappe. La grappe est suspendue dans un tube sous pression 14 qui, dans un réacteur nucléaire à tubes sous pression, constitue l'un des nombreux tubes s'étendant à travers un modérateur en vrac (par exemple du graphite 20 ou de l'eau lourde). Il est bien entendu que le fluide de refroidissement principal des éléments combustibles passe axialement le long de la grappe d'une extrémité à l'autre du tube 14. Dans cet exemple, le tube sous pression est vertical et le sens d'écoulement du fluide de refroidissement principal est ascendant dans 25 la direction de la flèche A. Pour compléter ce fluide de refroidissement principal, un fluide de refroidissement auxiliaire provenant de la source S est introduit dans le collecteur 9 duquel il passe dans le conduit central 8 et dans les conduits satellites 7. Pour que ce fluide de refroidissement auxiliaire 30 soit utilisé efficacement, il est prévu une disposition spéciale des trous d'éjection 7a, 8a du fluide de refroidissement auxiliaire, la disposition étant déterminée par la position du conduit dans la grappe et par la position axiale à laquelle le trou d'éjection est situé le long de la grappe. Premièrement, il 35 convient d'expliquer que les trous d'éjection sont situés axialement à un certain nombre de niveaux communs le long de la grappe

et que ces niveaux sont désignés par I à IX sur la figure 8a. Deuxièmement, l'orientation des trous d'éjection ménagés dans la paroi d'un conduit quelconque à un niveau quelconque, est déterminée par la position du conduit dans la grappe. Troisièmement, certains au moins des trous d'éjection des conduits satellites sont orientés de manière à diriger le fluide de refroidissement auxiliaire le long d'une trajectoire le dirigeant directement contre la paroi du tube sous pression. Quatrièmement, les positions axiales des niveaux I à IX sont déterminées par le profil de température le long de la grappe mais elles sont communément en rapport avec les positions des grilles 5.

L'orientation correcte des trous d'éjection des conduits satellites du fluide de refroidissement auxiliaire est obtenue en utilisant deux types de tube 7 (figure 5). Dans les tubes des deux types, les trous d'éjection sont percés aux niveaux I à IX, alternativement comme on le voit sur les figures 6a et 6b, notamment un seul trou radial 16 à l'opposé du coude (figure 6a) et deux trous 17 (figure 6b). Le rayon passant par le trou 16 forme un angle de 180° avec le coude 20 du conduit. Les rayons passant par les centres des deux trous 17 forment des angles β compris entre 70° et 85° avec le coude. Ces conduits sont disposés de manière que l'orientation des trous d'éjection soit analogue à celle représentée sur la figure 3 aux niveaux I, III, V, VII et IX. L'orientation des trous d'éjection aux niveaux II, IV, VI et VIII est représentée sur la figure 4. L'orientation des trous d'éjection 8a du conduit central 8 est représentée sur la figure 7a et est décalée alternativement de 60° en plan de manière à obtenir l'effet des niveaux respectifs représentés sur les figures 3 et 4. En plus de l'éjection du fluide de refroidissement auxiliaire par les trous aux niveaux I à IX, il est avantageux de ménager une série de trous au sommet du faisceau désigné par niveau X. Au niveau X les conduits satellites présentent des trous 18 espacés de 120° , comme indiqué sur la figure 6c et le conduit central 8 présente au niveau X six trous d'éjection 19 espacés de 60° , comme on le voit sur la figure 7b. A tous les autres niveaux I à IX, les trous du conduit central 8

sont espacés de 120° (figure 7a) mais sont décalés comme représenté sur les figures 3 et 4 par rapport aux trous orientés des conduits satellites.

Comme on l'a indiqué, les positions dans le sens
5 de l'axe des niveaux I à IX sont influencées de préférence par les positions des grilles intermédiaires et par le gradient de température le long de la grappe. La figure 8a montre les positions relatives des niveaux auxquels les trous d'éjection du fluide de refroidissement auxiliaire sont percés le long d'une
10 grappe, correctement décalés par rapport aux position des grilles de la figure 8b et selon le gradient de température. D'une façon générale, on voit que le fluide de refroidissement est éjecté immédiatement au-dessus de la plupart des grilles. Il existe aussi généralement des niveaux entre chaque paire de grilles ad-
15 jacentes, excepté à l'endroit où la température approche une valeur maximale et le fluide de refroidissement auxiliaire est éjecté aux deux niveaux VI et VII qui se trouvent entre deux grilles adjacentes.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent
20 être apportées à l'assemblage décrit sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Assemblage combustible nucléaire, caractérisé en ce qu'il comporte une grappe d'éléments combustibles supportés à distance les uns des autres de manière que leurs axes soient
5 parallèles pour délimiter entre eux des canaux secondaires réservés au fluide de refroidissement, plusieurs conduits pour un fluide de refroidissement auxiliaire disposés dans la grappe, chaque conduit présentant dans sa paroi des trous d'éjection du fluide de refroidissement ménagés circonférentiellement selon
10 une configuration prédéterminée qui est établie par la position du conduit dans la grappe et par la distance axiale du trou d'éjection le long du conduit.

2. Assemblage combustible selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une grappe d'éléments combustibles supportés dans une première série de positions à l'intérieur
15 d'une paroi tubulaire ouverte à ses extrémités et à distance de celle-ci, de manière à définir un canal secondaire longitudinal entre les éléments adjacents et la paroi pour la circulation du fluide de refroidissement, un certain nombre de conduits réservés au fluide de refroidissement auxiliaire supportés dans
20 une seconde série de positions qui coïncident avec certains des canaux secondaires, lesdits conduits présentant plusieurs trous d'éjection du fluide de refroidissement ménagés à distance les uns des autres le long de leur paroi latérale, l'orientation des
25 trous d'éjection étant déterminée par la position du conduit dans la grappe et certains au moins des trous d'éjection étant positionnés de manière à diriger le fluide de refroidissement auxiliaire sur une trajectoire le dirigeant directement contre la paroi tubulaire.

30 3. Assemblage combustible selon la revendication 2, caractérisé en ce que les trous d'éjection de chaque conduit sont espacés dans des positions axiales communes.

4. Assemblage combustible selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte des grilles de positionnement
35 orientées transversalement à la grappe à distance les unes des autres et en ce que les trous d'éjection du fluide de refroidisse-

ment se trouvent à des positions le long des conduits qui sont à proximité de certaines au moins des grilles.

5 5. Assemblage combustible selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'un conduit central et un certain nombre de conduits satellites sont disposés dans une seconde série de positions, les conduits satellites étant logés dans des canaux secondaires formés entre les deux rangées annulaires externes d'éléments combustibles les plus rapprochées de la paroi tubulaire.

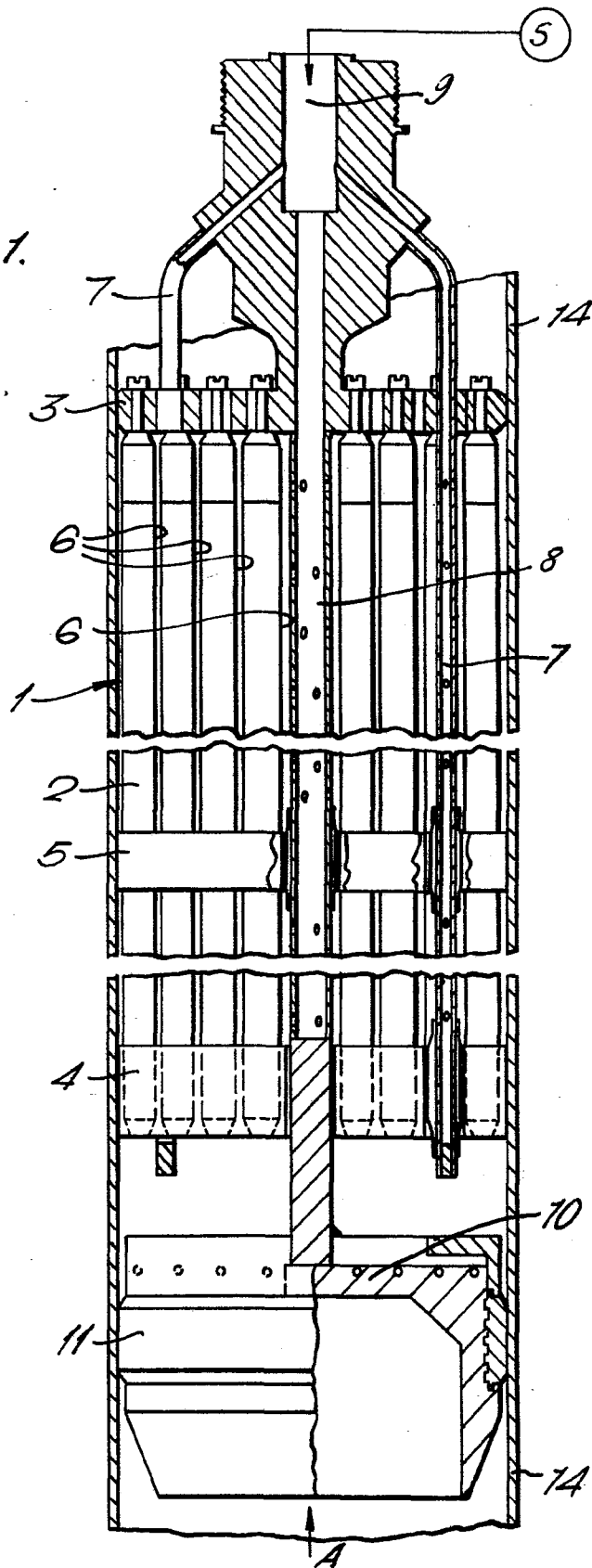
10 6. Assemblage combustible selon la revendication 5, caractérisé en ce que les conduits satellites présentent une série de trous d'éjection pour diriger le fluide de refroidissement vers l'extérieur en direction de la paroi tubulaire, en alternant avec des trous d'éjection destinés à diriger le fluide de refroidissement vers l'intérieur en direction du conduit central, mais obliquement par rapport à ce dernier.

15 7. Assemblage combustible selon la revendication 6, caractérisé en ce que les trous d'éjection destinés à diriger le fluide de refroidissement vers l'intérieur sont positionnés de manière que les rayons partant du centre des conduits satellites et passant par lesdits trous d'éjection coupent un rayon commun à la fois au conduit satellite et à la grappe suivant un angle compris entre 75 et 85°.

20 8. Assemblage combustible nucléaire, caractérisé en ce qu'il comporte un faisceau symétrique d'éléments combustibles supportés dans un certain nombre de positions symétriquement autour d'un axe central à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique à des positions espacées de manière à définir des canaux secondaires destinés à l'écoulement axial du fluide de refroidissement principal le long du faisceau, une seconde série de positions coïncidant avec des canaux secondaires et situées sur un cercle concentrique audit axe central, plusieurs conduits réservés au fluide de refroidissement auxiliaire dans les positions de la seconde série comprenant des conduits satellites, chacun de ces derniers étant fermé à une extrémité et étant destiné à 35 communiquer par son autre extrémité avec une source de fluide

de refroidissement auxiliaire, des trous ménagés dans les parois des conduits à un certain nombre de niveaux espacés axialement sur leur longueur qui sont communs à tous les conduits, l'orientation des trous à chaque niveau étant déterminée de manière que
5 les trous à un niveau quelconque des conduits satellites alternés dirigent le fluide de refroidissement vers l'enveloppe et obliquement par rapport à un rayon partant de l'axe du faisceau et passant par la position du réseau.

FIG. 1.



- X
- I
- II
- III
- IV
- V
- VI

- VII
- VIII
- IX

FIG. 2.

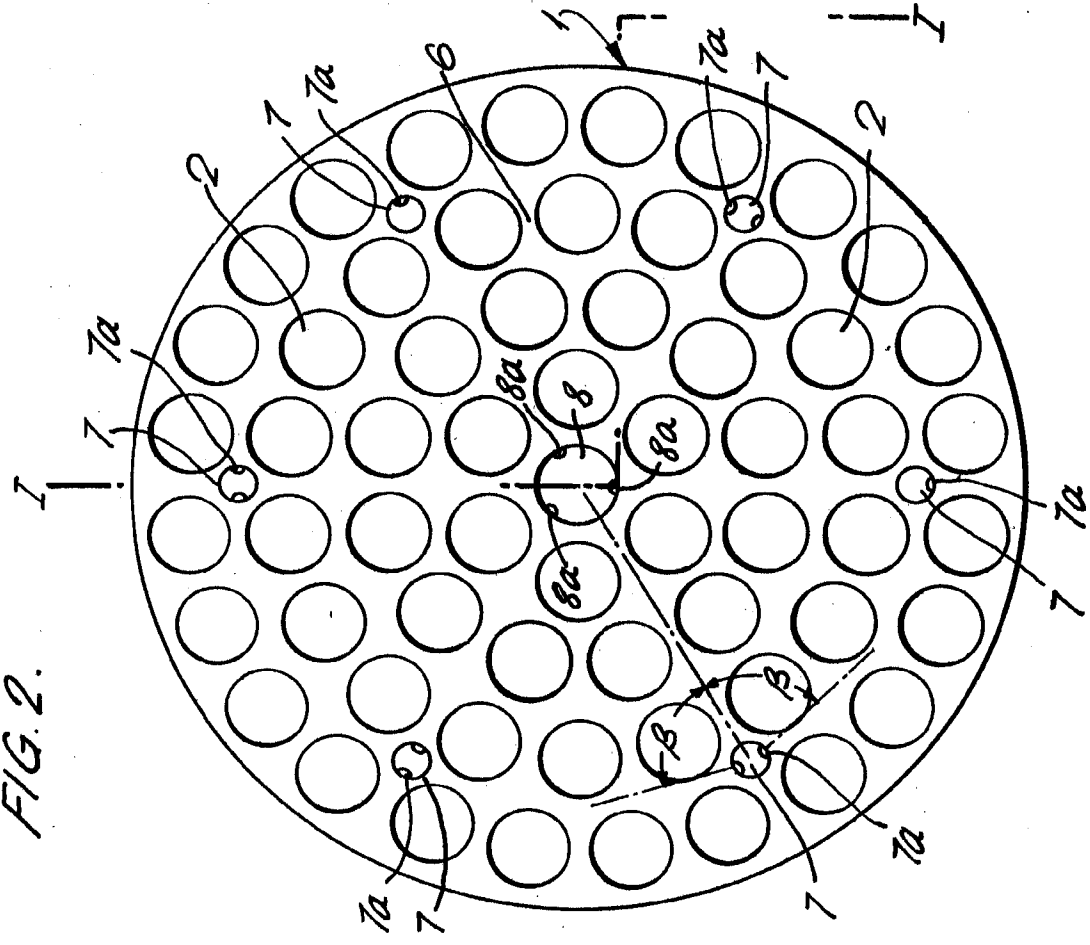


FIG. 3.

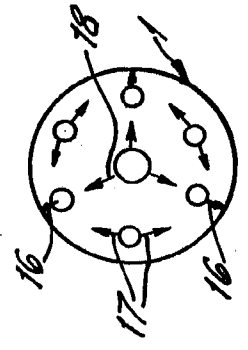
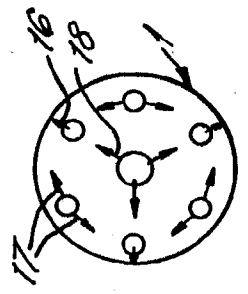


FIG. 4.



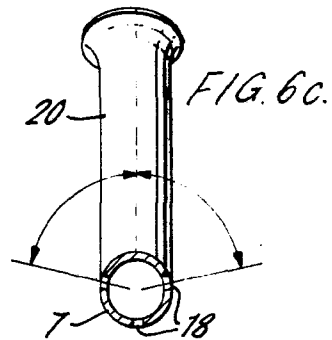
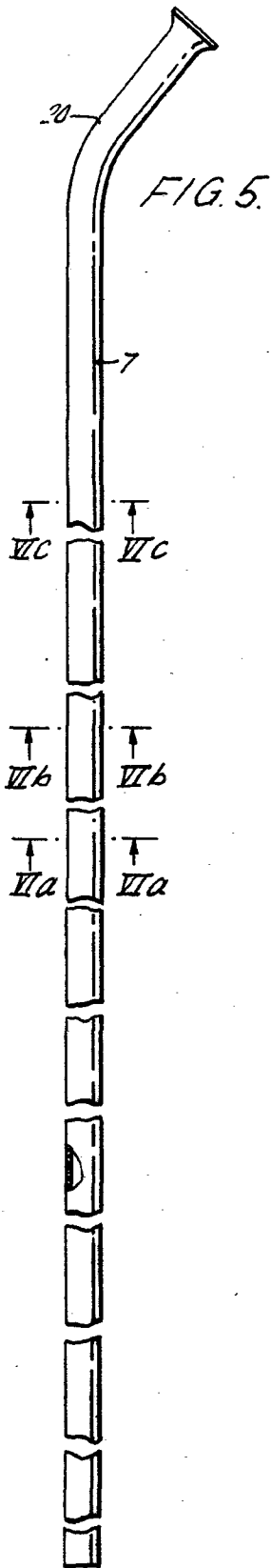


FIG. 6a.

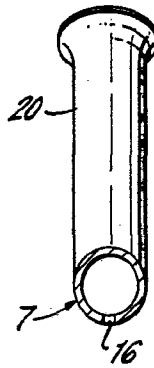


FIG. 6b.

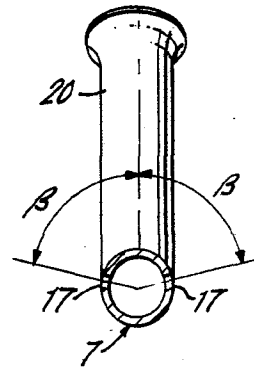


FIG. 7a.

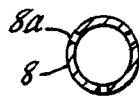


FIG. 7b.



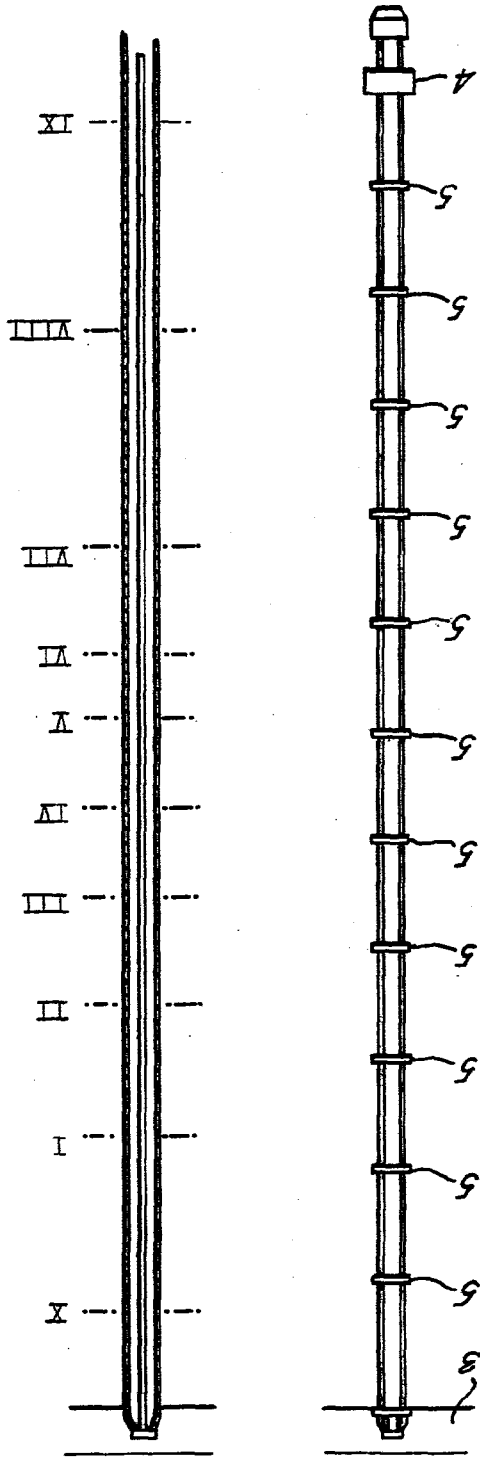


FIG. 8a. FIG. 8b.

PL: IV-4

2282697