(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 535 888**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **82 18570**

(51) Int Cl³ : G 21 C 13/06.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 5 novembre 1982.

(30) **Priorité**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande** : BOPI « Brevets » n° 19 du 11 mai 1984.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s)** : *NOVATOME, Société anonyme.* — FR.

(72) **Inventeur(s)** : Claude Malaval.

(73) **Titulaire(s)** :

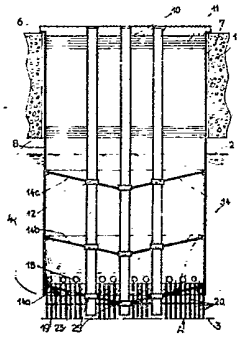
(74) **Mandataire(s)** : Lucien Bouget.

(54) Bouchon-couvercle du cœur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

(57) L'invention concerne le bouchon-couvercle du cœur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

Le bouchon-couvercle comporte une plaque-support 6, une enveloppe cylindrique 8 à axe vertical solidaire de la plaque-support 6 et des entretoises 14 transversales par rapport à l'enveloppe 8. Des tubes verticaux fixés à leur partie supérieure sur la plaque-support 6 sont reliés aux entretoises 14. Les entretoises sont constituées par au moins deux voiles coniques 14 ayant leur axe confondu avec l'axe de l'enveloppe 8. Ces voiles coniques ont un angle au sommet supérieur à 120° et un diamètre légèrement inférieur au diamètre de l'enveloppe 8, à leur base. L'entretoise 14 *a* située le plus bas dans l'enveloppe 8 assure la déflection du fluide de refroidissement du réacteur.

L'invention s'applique, en particulier, aux réacteurs nucléaires à neutrons rapides de type intégré.



FR 2 535 888 - A1

Bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides

L'invention concerne le bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides qui sont généralement refroidis par un métal liquide tel que le sodium comportent une cuve fermée par une dalle horizontale de grande épaisseur et remplie par du sodium liquide de refroidissement dans lequel plonge le coeur du réacteur. Au-dessus du coeur, on dispose un ensemble appelé "bouchon-couvercle du coeur" qui supporte les tubes fourreaux des barres de commande et toute l'instrumentation du coeur comprenant en particulier les tubes de prélèvement de sodium à la sortie des assemblages. Ce bouchon-couvercle du coeur assure également par sa partie inférieure la déflection du courant de sodium sortant du coeur pour le diriger vers les échangeurs intermédiaires à la périphérie de la cuve.

Le bouchon-couvercle du coeur est constitué par une enveloppe cylindrique à axe vertical dont la partie supérieure est fixée à une plaque de support reposant sur une partie de la dalle du réacteur autour de l'ouverture de passage du bouchon-couvercle du coeur au travers de la dalle. Cette ouverture de passage est prévue dans le petit bouchon tournant monté mobile en rotation autour d'un axe vertical dans le grand bouchon tournant qui est lui-même monté mobile en rotation autour d'un axe vertical sur la partie fixe de la dalle.

Les tubes fourreaux des barres de commande ainsi que des tubes d'instrumentation sont fixés à leur partie supérieure sur la plaque de support et traversent verticalement l'enveloppe cylindrique. Sur ces tubes sont fixées, de façon rigide, des entretoises transversales par rapport à l'enveloppe cylindrique du bouchon-couvercle du coeur.

Cet ensemble de grande hauteur par rapport à son diamètre plonge dans la cuve à la verticale du coeur et comporte à sa partie inférieure une grille fixée sur les tubes fourreaux de barres de contrôle et qui supporte les tubes de prélèvement de sodium.

Un tel ensemble de grande hauteur comportant une structure rigide subit des contraintes mécaniques et des contraintes thermiques de grande amplitude.

On a proposé dans le brevet français 2.289.031 de diminuer les contraintes thermiques en prévoyant des ouvertures dans la virole verticale du bouchon-couvercle et d'autres ouvertures dans les entretoises. A la partie inférieure du bouchon-couvercle, juste au-dessus du coeur, on fixe une

plaque horizontale plane percée sur une grande partie de sa surface et permettant le passage et la canalisation du sodium liquide qui pénètre à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique par les ouvertures prévues dans les entretoises et ressort de cette enveloppe cylindrique par les ouvertures prévues dans sa surface latérale. On obtient ainsi un meilleur équilibrage des températures et donc une réduction des contraintes thermiques dans la structure du bouchon-couvercle-coeur.

Cependant, cette disposition a l'inconvénient de ne pas répartir le sodium de façon tout-à-fait adéquate et de ne pas disperser l'énergie du jet sortant du coeur. Il s'ensuit qu'un jet à forte vitesse frappe la cuve et remonte verticalement le long de celle-ci en créant de fortes perturbations à la surface libre et une alimentation dissymétrique des échangeurs disposés latéralement par rapport au coeur.

Enfin, la structure hyperstatique du bouchon-couvercle du coeur reste sensible aux chocs thermiques qui peuvent avoir lieu, lors de changement de régime du réacteur nucléaire.

Le but de l'invention est donc de proposer un bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides assurant la fixation et le guidage des barres de commande et de l'instrumentation du coeur ainsi que la dispersion et la déflection du fluide de refroidissement sortant du coeur et comportant une plaque de support reposant sur le bouchon tournant fermant la cuve du réacteur, autour de l'ouverture de passage du bouchon-couvercle du coeur dans le bouchon tournant, une enveloppe cylindrique à axe vertical solidaire de la plaque de support à sa partie supérieure, un bouchon de protection contre les radiations occupant le volume intérieur de l'enveloppe cylindrique sur une hauteur correspondant sensiblement à l'épaisseur du bouchon tournant et un ensemble de tubes verticaux destinés à recevoir les barres de commande du réacteur, fixés à leur partie supérieure sur la plaque support, disposés à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique et reliés à des entretoises transversales par rapport à l'enveloppe, ce bouchon-couvercle assurant une canalisation efficace du fluide de refroidissement vers les échangeurs de chaleur ainsi qu'une dispersion adéquate de ce fluide et résistant mieux aux contraintes mécaniques et thermiques que les bouchons-couvercles de l'art antérieur.

Dans ce but, l'ensemble des entretoises fixées aux tubes, à l'intérieur de l'enveloppe, est constitué par au moins deux voiles coniques ayant un axe confondu avec l'axe de l'enveloppe, un angle au sommet supérieur à 120° et un diamètre extérieur un peu inférieur au diamètre inté-

rieur de l'enveloppe, un jeu existant entre la surface intérieure de l'enveloppe et le bord externe des entretoises, qui sont maintenues en position axiale fixe par rapport à l'enveloppe cylindrique par des butées solidaires de cette enveloppe, l'entretoise située le plus bas dans l'enveloppe cylindrique qui ne comporte pas de trou de passage pour le sodium étant disposée avec sa surface externe dirigée vers le bas, au voisinage de la partie inférieure de l'enveloppe qui est percée d'ouvertures de part et d'autre de l'entretoise inférieure assurant la déflection du fluide de refroidissement.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation d'un bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides selon l'invention.

La figure 1 représente, dans une vue en coupe par un plan vertical, un bouchon-couvercle de coeur suivant l'invention.

La figure 2 représente, dans une vue en perspective, une partie périphérique d'une entretoise et les dispositifs de fixation axiale de cette entretoise.

La figure 3 représente, dans une vue suivant A de la figure 1, la partie inférieure du bouchon-couvercle coeur comportant une grille de maintien des tubes de prélèvement.

Sur la figure 1, on voit le petit bouchon tournant 1 de grande épaisseur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides qui repose sur le grand bouchon tournant non représenté, lui-même reposant sur la dalle, l'ensemble fermant la cuve de ce réacteur remplie jusqu'au niveau 2 de sodium liquide assurant le refroidissement des assemblages du coeur.

Le coeur du réacteur est constitué d'assemblages disposés verticalement à l'intérieur de la cuve et baignant dans le sodium liquide sous le niveau 2. On a représenté en 3 le niveau supérieur des têtes des assemblages combustibles constituant le coeur.

A la verticale du coeur du réacteur est disposé le bouchon-couvercle coeur de ce réacteur désigné de façon générale par le repère 4.

Ce bouchon-couvercle du coeur comporte une plaque de support 6 reposant par sa partie périphérique sur le petit bouchon tournant 1 autour de l'ouverture de passage 7 du bouchon-couvercle du coeur du réacteur. Le petit bouchon tournant est monté rotatif autour d'un axe vertical sur le grand bouchon tournant lui-même monté rotatif autour d'un axe vertical sur la partie fixe périphérique de la dalle du réacteur.

Le bouchon-couvercle du coeur 4 comporte une enveloppe cylindrique de grande longueur 8 fixée à sa partie supérieure sur la plaque de support 6. L'enveloppe cylindrique 8 a un diamètre légèrement inférieur au diamètre du passage 7 dans le petit bouchon tournant 1.

Sur la figure 1, on a représenté trois tubes- fourreaux ou tubes-guides 10 servant au support et au guidage des mécanismes de barres et des barres de commande du réacteur. Ces tubes 10 sont fixés à leur partie supérieure sur la plaque de support 6 et traversent verticalement l'ensemble de l'enveloppe cylindrique 8 du bouchon-couvercle coeur.

Sur toute la traversée du petit bouchon tournant 1 l'enveloppe cylindrique 8 est remplie d'un matériau de protection contre les radiations constitué par des plaques d'acier 11 superposées.

A l'intérieur de l'enveloppe 8, les tubes 10 sont reliés rigidement par l'intermédiaire de bagues de fixation 12 à des voiles coniques 14 constituant des entretoises transversales de la structure du bouchon-couvercle coeur 4. Ces voiles 14 ont la forme de cônes d'angle au sommet voisin de 160° dirigés avec leur sommet vers le bas, c'est-à-dire avec leur surface externe dirigée vers la partie inférieure du bouchon-couvercle coeur 4.

Le diamètre de la base de ces viroles coniques ou diamètre extérieur de la virole est un peu inférieur au diamètre intérieur de la virole cylindrique 8. Les axes de ces entretoises étant confondus avec l'axe de la virole cylindrique 8, il existe un jeu entre le bord externe de l'entretoise et la surface interne de l'enveloppe cylindrique 8, sur toute la périphérie de l'entretoise.

Dans le cas d'un bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides tel que construit actuellement, d'un diamètre un peu inférieur à 5 mètres, on utilise des viroles coniques constituées par une tôle d'une épaisseur de 20 à 25 mm, le jeu entre la virole conique et l'enveloppe cylindrique étant de 30 mm. Un tel bouchon-couvercle coeur renferme trente tubes de barres de contrôle 10 et un tube canal central permettant l'introduction de dispositifs de mesure ou de prélèvement à la verticale du coeur, à sa partie centrale.

Les deux voiles supérieurs 14 disposés suivant la hauteur du bouchon-couvercle coeur sont pratiquement identiques et comportent quelques perçages en dehors de ceux nécessaires pour le passage des tubes de barres de commande ou d'autres tubes d'instrumentation alors que le voile inférieur ne comporte aucun trou supplémentaire. Le sodium liquide sortant du coeur ne peut passer à l'intérieur du bouchon-couvercle coeur que par l'es-

pace ménagé entre les viroles coniques et l'enveloppe cylindrique.

Les tubes fourreaux 10 des barres de commande ainsi que les autres tubes d'instrumentation sont également entièrement continus sur toute leur longueur, ce qui n'était pas le cas de tous les tubes des bouchons-couvercles coeur selon l'art antérieur. Ces tubes sont fermés à leur partie supérieure, si bien qu'ils renferment du sodium stagnant et qu'aucune circulation de sodium ne se produit dans leur volume interne.

Ainsi qu'il est visible sur les figures 1 et 2, les viroles coniques 14 sont maintenues en position axiale par rapport à l'enveloppe cylindrique 8 par des butées 15 comportant un décrochement central 15a pour l'engagement du bord externe du voile conique 14. Ces butées sont fixées par soudure à l'intérieur de lumières oblongues 16 ménagées dans la paroi de l'enveloppe 8 qui permettent un réglage préalable en hauteur de la butée 15 grâce à sa partie arrière de fixation 15b.

Pour chacun des voiles coniques 14, on utilise douze butées 15 disposées à 30° sur la surface interne de la virole 8 dans un plan horizontal.

De part et d'autre de la virole inférieure 14a, la paroi latérale de l'enveloppe cylindrique 8 est percée d'ouvertures 18 et 19, les ouvertures 18 étant disposées au-dessus de la virole 14a et les ouvertures 19 en-dessous de la virole 14a. Ce sont les seules ouvertures ménagées dans la surface latérale de l'enveloppe cylindrique 8, si l'on excepte les trous oblongs 16 de fixation des butées 15 de petites dimensions et qui sont au moins partiellement refermés après la fixation des butées 15.

La rangée supérieure d'ouvertures 18 comporte cinquante ouvertures de diamètre 145 mm, à 80 mm au-dessus de la virole conique.

La rangée inférieure d'ouvertures 19 comporte cinquante ouvertures de diamètre 145 mm également disposées à 220 mm au-dessous des ouvertures 18.

Le voile conique inférieur 14a porte également des tubes de prélèvement 20 verticaux traversant le voile conique 14a et fixés par soudage sur celle-ci. Chacun des tubes de prélèvement est disposé à la verticale exacte d'un assemblage et permet le prélèvement de sodium à la sortie de cet assemblage pour la détection de fuites éventuelles.

Les prélèvements de sodium réalisés par les tubes 20 sont recueillis à l'intérieur du bouchon-couvercle coeur pour être dirigés vers un module de localisation de rupture de gaines.

Sur la figure 3, on voit la partie inférieure du bouchon-couver-

cle coeur constituée par une plaque horizontale 23 plane et percée sur la plus grande partie de sa surface (90 % de la surface est constituée par des ouvertures).

Cette grille 23 antivibratoire permet le maintien des tubes de prélèvement 20, un réseau de trous 24 correspondant au réseau des assemblages étant usiné dans la grille 23. La grille 23 est maintenue par les tubes 10 dont la partie inférieure munie d'une bague de fixation 25 est engagée dans les trous 26 de la grille 23.

Enfin, la grille 23 comporte un réseau de trous 27 différents des trous 24 et 26, permettant la canalisation du flux de sodium sortant du coeur à la partie supérieure des assemblages.

Ainsi qu'il est visible sur la figure 3, la grille 23 est constituée par un ensemble de six segments 30 juxtaposés et maintenus par les tubes 10.

Il n'y a pas d'élément dans la partie centrale 31, la longueur des tubes de prélèvement 20 étant insuffisante pour qu'ils entrent en vibration.

La canalisation du sodium par les trous 27 n'est également pas indispensable dans cette partie centrale de la grille.

Le sodium sortant du coeur se déplace verticalement et de bas en haut, une faible fraction du débit pénétrant dans les tubes de prélèvement 20 pour la détection de ruptures de gaines éventuelles.

La quasi totalité du flux de sodium parvient à la grille 23 et traverse cette grille par les ouvertures de canalisation du flux de sodium 27. En effet, toutes les autres ouvertures de la grille 23 sont fermées soit par les tubes de prélèvement 20 soit par les tubes 10 fermés à leur partie supérieure et ne permettant pas une circulation de sodium.

Le flux de sodium vient alors frapper la virole inférieure 14a qui joue le rôle de déflecteur pour ce flux de sodium qui est renvoyé latéralement vers la partie périphérique de la cuve contenant les échangeurs de chaleur.

Une partie du sodium est renvoyée directement dans la partie périphérique de la cuve sans avoir pénétré dans l'enveloppe cylindrique 8, une autre partie est renvoyée par les ouvertures 19, enfin le reste du sodium parvenant à la partie périphérique de l'entretoise conique 14a passe par le jeu entre cette virole conique et la surface intérieure de l'enveloppe cylindrique 8 et est évacué en quasi totalité par les ouvertures 18.

Une très faible fraction du sodium circule dans l'enveloppe cylin-

drique passant par le jeu existant entre le bord interne des viroles 14b e 14c et la surface intérieure de l'enveloppe 8.

Le flux principal de sodium est donc canalisé par l'espace exis tant entre la grille 23 et la virole conique 14a. Cet espace a une sectio de passage croissante de l'intérieur vers l'extérieur. La vitesse du flu de sodium a donc tendance non seulement à ne pas augmenter mais encore à di minuer de l'intérieur vers l'extérieur.

On calme donc le flux de sodium, ce qui est bénéfique pour l tenue des éléments constituant la structure interne du réacteur pour la ré partition du sodium vers les échangeurs et pour la tranquillisation de l surface libre.

En outre, la structure non rigide du bouchon-couvercle coeur per met une meilleure tenue aux contraintes mécaniques ou thermiques dans l réacteur.

L'enveloppe cylindrique 8 est en effet bloquée ponctuellement pa les tubes 15 dans les directions radiales par rapport aux entretoises 14, ce qui engendre une déformation élastique polygonale de la virole cylindri que conduisant à des contraintes faibles. Sous des efforts axiaux, les viro les 14, grâce à leur forme conique, peuvent se déformer élastiquement, pou encaisser les déplacements relatifs de l'enveloppe 8 et des tubes 10, pa exemple sous l'effet de dilatations différentielles.

Les principaux avantages du dispositif selon l'invention son donc de permettre des déformations limitées de la structure du bouchon-cou vercle de coeur permettant de réduire les contraintes subies par ce bouchon couvercle de coeur pendant le fonctionnement du réacteur. Ces contrainte peuvent être d'origine thermique (modification du régime thermique du réac teur) ou d'origine mécanique et externe au réacteur (par exemple séismes). En outre, la déflection et la canalisation du sodium liquide sortant d coeur sont réalisées de façon optimale et s'accompagnent d'une tranquillisa tion du flux de sodium.

Enfin, la construction et l'assemblage du bouchon-couvercle coeu sont grandement facilités par rapport à ce qu'il en était pour les bou chons-couvercles coeur selon l'art antérieur.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui vien d'être décrit ; elle en comporte au contraire toutes les variantes.

C'est ainsi qu'on peut utiliser un nombre quelconque de virole coniques servant d'entretoises à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique, c nombre doit cependant être supérieur à deux.

On peut imaginer de fixer les tubes de prélèvement sur la seconde virole conique et de les engager sans jeu dans des ouvertures prévues dans la virole conique inférieure servant de déflecteur du métal liquide.

Le bouchon-couvercle de coeur suivant l'invention peut comporter tous les éléments nécessaires pour faire passer l'instrumentation du coeur, même si ces éléments n'ont pas été décrits de façon détaillée.

Le bouchon de protection constituant la partie supérieure du bouchon-couvercle de coeur peut être réalisé d'une manière différente de celle décrite, par exemple en empilant ou en superposant des pièces massives au lieu de plaques d'épaisseur relativement faible.

On peut également modifier suivant les besoins la dimension et la répartition des ouvertures de passage du sodium à la partie inférieure de l'enveloppe cylindrique.

On peut choisir un angle au sommet des viroles coniques différent de 160° et même utiliser des viroles successives avec des angles d'ouverture différents. Cependant ces angles d'ouverture doivent être supérieurs à 120° pour répondre aux besoins de l'invention.

Enfin, le bouchon-couvercle coeur suivant l'invention s'applique à tous les réacteurs nucléaires à neutrons rapides utilisant un fluide de refroidissement traversant le coeur de bas en haut et recueilli, après son échauffement dans le coeur, dans la partie périphérique de la cuve du réacteur.

REVENDICATIONS

1.- Bouchon-couvercle du coeur d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides assurant la fixation et le guidage des barres de commande et de l'instrumentation du coeur ainsi que la dispersion et la déflection du fluide de refroidissement sortant du coeur et comportant une plaque de support (6) reposant sur le bouchon tournant (1) fermant la cuve du réacteur, autour de l'ouverture de passage (7) du bouchon-couvercle du coeur (4) dans le bouchon tournant (1) une enveloppe cylindrique (8) à axe vertical solidaire de la plaque de support (6) à sa partie supérieure, un bouchon de protection (11) contre les radiations occupant le volume intérieur de l'enveloppe cylindrique sur une hauteur correspondant sensiblement à l'épaisseur du bouchon tournant et un ensemble de tubes verticaux (10) destinés en particulier à recevoir les barres de commande du réacteur, fixés à leur partie supérieure sur la plaque support (6), disposés à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique (8) et reliés à des entretoises (14) transversales par rapport à l'enveloppe (8),

caractérisé par le fait que l'ensemble des entretoises (14) fixées aux tubes (10), à l'intérieur de l'enveloppe (8), est constitué par au moins deux voiles coniques (14) ayant un axe confondu avec l'axe de l'enveloppe (8), un angle au sommet supérieur à 120° et un diamètre extérieur un peu inférieur au diamètre intérieur de l'enveloppe (8), un jeu existant entre la surface intérieure de l'enveloppe (8) et le bord externe des entretoises (14) qui sont maintenues en position axiale fixe par rapport à l'enveloppe cylindrique (8) par des butées (15) solidaires de cette enveloppe (8), l'entretoise (14a) située le plus bas dans l'enveloppe cylindrique (8) qui ne comporte pas de trou de passage pour le sodium étant disposée avec sa surface externe dirigée vers le bas, au voisinage de la partie inférieure de cette enveloppe (8) qui est percée d'ouvertures (18, 19), de part et d'autre de l'entretoise inférieure (14a) assurant la déflection du fluide de refroidissement.

2.- Bouchon-couvercle coeur suivant la revendication 1,

caractérisé par le fait que les tubes verticaux (10) sont continus sur toute leur longueur et fermés à leur partie supérieure, au niveau de la plaque de support (6).

3.- Bouchon-couvercle suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans le cas d'un bouchon-couvercle ayant un diamètre un peu inférieur à cinq mètres,

caractérisé par le fait qu'il comporte au moins deux entretoises consti-

tuées par des viroles coniques d'angle au sommet voisin de 160° disposées à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique avec un jeu voisin de 30 mm.

4.- Bouchon couvercle suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, comportant à sa partie inférieure une plaque plane horizontale ou grille, fixée sur les tubes (10) et comportant des ouvertures pour le passage de tubes d'instrumentation (20) ainsi que des trous de passage (27) du fluide de refroidissement,
caractérisé par le fait que cette grille (23) est constituée par plusieurs portions juxtaposées identiques fixées sur les tubes (10) et maintenues les unes par rapport aux autres grâce à ces tubes (10).

5.- Bouchon-couvercle suivant la revendication 4,
caractérisé par le fait que les tubes d'instrumentation (20) sont fixés sur l'entretoise inférieure (14a) au niveau d'ouvertures prévues dans celle-ci et sont engagés dans des trous (24) de la grille.

6.- Bouchon-couvercle suivant la revendication 4,
caractérisé par le fait que les tubes d'instrumentation (20) sont fixés sur la deuxième entretoise (14b) disposée juste au-dessus de l'entretoise (14a) de déflection du fluide de refroidissement, au niveau d'ouvertures prévues dans cette entretoise et sont engagés avec un faible jeu dans des ouvertures prévues dans l'entretoise inférieure de déflection (14a).

Fig 1

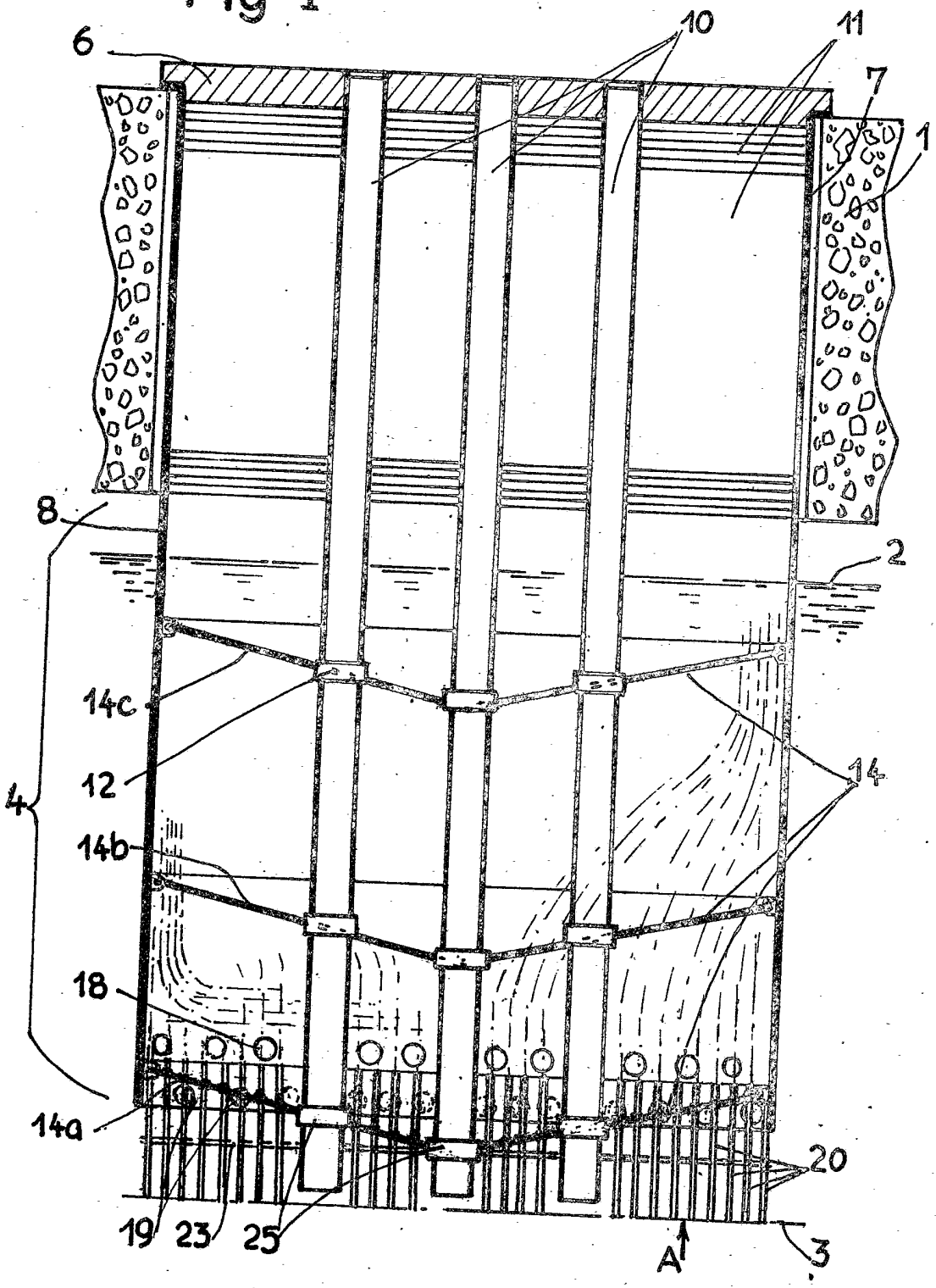


Fig 2

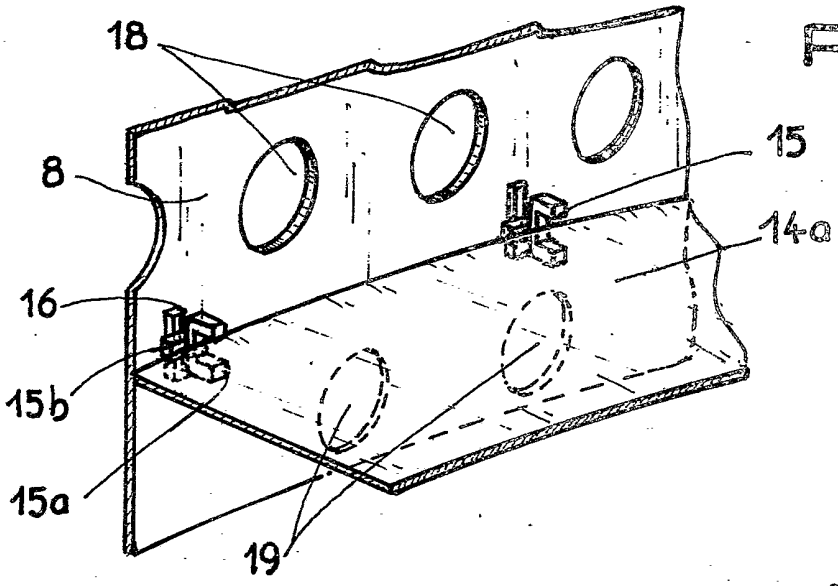


Fig 3

