(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 173 602**
A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **85401459.4**

(22) Date de dépôt: **16.07.85**

(51) Int. Cl.⁴: **F 28 D 7/00**, F 28 F 9/00, G 21 C 15/18

(30) Priorité: **26.07.84 FR 8411858**

(43) Date de publication de la demande: **05.03.86**
Bulletin 86/10

(84) Etats contractants désignés: **AT BE CH DE GB IT LI LU NL SE**

(71) Demandeur: **NOVATOME, La Boursidière R.N. 186, F-92357 Le Plessis Robinson (FR)**

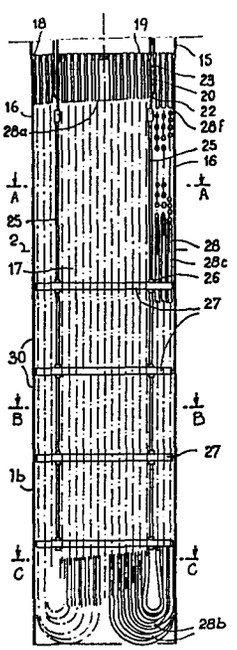
(72) Inventeur: **Fernandez, Luis, 22 Impasse de la Cerisaie, F-91000 Palaiseau (FR)**
Inventeur: **Stalport, Gérard, 21 avenue des Sablons, F-91350 Grigny II (FR)**

(74) Mandataire: **Moncheny, Michel et al, c/o Cabinet Lavoix 2 Place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(54) Echangeur de chaleur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire et procédé de montage de cet échangeur de chaleur.

(57) L'échangeur comporte deux plaques tubulaires (18, 19) placées de façon coaxiale, horizontalement et au même niveau, pour la fixation des tubes (28) du faisceau (17). La plaque annulaire externe (18) est fixée sur sa face supérieure à une virole (15) la reliant à la bride de support de l'échangeur. La plaque annulaire externe (18) et la plaque centrale circulaire (19) sont reliées par des viroles courtes (20, 23) reliées entre elles par une pièce en Y (22). Les tubes (28) comportent chacun une partie droite (28a) reliée à la plaque centrale (19), une partie coudée (28b), une partie droite de retour (28c), une portion circulaire horizontale (28e)sur environ un tiers de circonférence et une partie extrême (28f) reliée à la plaque externe (18).

Cet échangeur s'applique, en particulier, aux réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis au sodium liquide.



EP 0 173 602 A1

0173602

Echangeur de chaleur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire et procédé de montage de cet échangeur de chaleur

L'invention concerne un échangeur de chaleur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire dont le coeur constitué par des assemblages combustibles dégageant de la chaleur est plongé dans un fluide primaire contenu dans une cuve.

Dans le cas des réacteurs nucléaires à neutrons rapides, le fluide primaire de refroidissement du réacteur est généralement constitué par du sodium liquide remplissant une cuve en acier inoxydable de grandes dimensions fermée par une dalle horizontale de forte épaisseur.

Lorsqu'on arrête le réacteur après un certain temps de fonctionnement, il est nécessaire de continuer le refroidissement des assemblages du coeur puisqu'il subsiste une certaine radio-activité résiduelle génératrice de chaleur dans ce coeur.

Dans les réacteurs nucléaires de grande puissance, la quantité de chaleur à évacuer est importante et l'on utilise généralement le circuit principal d'échange de chaleur du réacteur pour réaliser son refroidissement après arrêt. Ce circuit comporte, dans le cas des réacteurs de type intégré, des échangeurs intermédiaires sodium-sodium et des pompes pour mettre en circulation le sodium primaire. Ces pompes fonctionnent à faible vitesse pendant le refroidissement après arrêt.

Cependant, si un incident technique provoque un arrêt du fonctionnement normal du circuit principal de refroidissement, le coeur ne peut plus être refroidi suffisamment. L'échauffement excessif du coeur peut conduire à des accidents très graves si bien qu'on prévoit un circuit de refroidissement de secours totalement distinct du circuit principal, d'une grande simplicité et d'une grande fiabilité.

Un tel circuit de secours comporte un échangeur de chaleur sodium-sodium en partie immergé dans le fluide primaire du réacteur. Cet échangeur de chaleur comporte un faisceau de tubes à l'intérieur desquels circule du sodium secondaire qui s'échauffe au contact du sodium primaire contenu dans la cuve du réacteur. Le sodium secondaire mis en circulation dans le faisceau est lui-même refroidi à l'extérieur de la cuve du réacteur, dans un échangeur sodium-air.

Dans le cas de réacteurs à neutrons rapides de forte puissance, par exemple 1500 ou 1800 MWe, il est nécessaire d'utiliser plusieurs échangeurs de secours sodium-sodium plongeant dans la cuve du réacteur. Il est

nécessaire de limiter le nombre de ces échangeurs de secours sodium-sodium, pour des questions de coût et pour réduire le nombre de passages dans la dalle du réacteur. Les échangeurs de secours sodium-sodium doivent donc être de taille relativement importante. Ces échangeurs de chaleur subissent d'autre part des sollicitations thermiques très importantes, si bien que leur conception pose des problèmes techniques difficiles à résoudre.

Les échangeurs de secours sodium-sodium sont la plupart du temps du type à faisceaux de tubes en épingle plongeant directement dans le sodium primaire. Ces tubes sont placés à l'intérieur d'une virole externe ouverte à sa base et percée sur une grande partie de sa surface latérale. Les tubes en U sont reliés à l'une de leurs extrémités à une première plaque tubulaire et à leur autre extrémité à une seconde plaque tubulaire décalée par rapport à la première suivant la hauteur de l'échangeur de chaleur. Ces plaques tubulaires permettent d'envoyer le sodium secondaire dans les tubes à la partie centrale de l'échangeur et de le récupérer à sa partie périphérique. Le sodium refroidi descend dans les branches des tubes situées à la partie centrale de l'échangeur et remonte par les branches des tubes situées à la périphérie de celui-ci. Pendant son parcours dans les tubes, le sodium liquide secondaire s'échauffe en contact thermique avec le sodium primaire par la paroi des tubes. Il en résulte des différences de température très importantes entre les différentes parties de l'échangeur. Celui-ci peut également connaître des variations de température importantes dans le temps. Il en résulte des contraintes thermiques qui peuvent être très élevées dans certaines parties de l'échangeur et il est nécessaire de concevoir des échangeurs d'une structure telle qu'elle permette de réduire ces contraintes thermiques jusqu'à des niveaux acceptables.

En outre, les tubes constituant le faisceau d'échange doivent être entretoisés de façon efficace, pour éviter leur déplacement relatif sous l'action de la chaleur et sous l'action des vibrations. Il en résulte des problèmes difficiles à résoudre pour le montage de l'échangeur de chaleur.

Le but de l'invention est donc de proposer un échangeur de chaleur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire contenu dans une cuve comportant une plaque de fermeture sensiblement horizontale et renfermant le coeur du réacteur immergé dans le fluide primaire, comportant une bride de support reposant sur la plaque de fermeture, un faisceau de tubes d'échange pliés en épingle et fixés sur deux plaques tubulaires, une virole cylindrique à axe vertical enveloppant le fais-

ceau qui est plongé dans le fluide primaire et un circuit d'alimentation des tubes du faisceau en fluide d'échange thermique comportant un moyen de refroidissement du fluide d'échange échauffé par le fluide primaire disposé à l'extérieur de la cuve, échangeur de chaleur qui permette de limiter les contraintes thermiques dans ses différents éléments constituants et qui soit d'une structure simple et permettant un montage facile.

Dans ce but, les deux plaques tubulaires sont placées de façon coaxiale horizontalement et au même niveau, l'une de ces plaques tubulaires de forme annulaire située de façon périphérique par rapport à la seconde plaque centrale de forme circulaire étant fixée à une virole à axe vertical située au-dessus des plaques tubulaires et reliant celles-ci à la bride de support et à une seconde virole coaxiale à la première, située en-dessous des plaques tubulaires et portant une pièce de raccord d'une troisième virole reliée à la plaque tubulaire centrale,

et chacun des tubes du faisceau comporte une partie droite verticale reliée à la plaque tubulaire centrale, une partie coudée pour le retournement du tube, une partie droite verticale de retour, une portion circulaire horizontale sur environ un tiers de circonférence et une partie verticale se raccordant à la plaque tubulaire périphérique.

L'invention est également relative à un procédé de montage de l'échangeur de chaleur.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, un échangeur de chaleur de secours d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides refroidi par du sodium liquide.

La figure 1 est une vue en élévation de l'échangeur de chaleur de secours en position dans la cuve d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

La figure 2a est une vue en coupe par un plan vertical de symétrie de la partie supérieure de l'échangeur de chaleur de secours représenté à la figure 1.

La figure 2b est une vue en coupe par un plan vertical de symétrie de la partie inférieure de l'échangeur de chaleur représenté sur la figure 1.

La figure 3a est une coupe suivant AA de la figure 2b.

La figure 3b est une coupe suivant BB de la figure 2b.

La figure 3c est une coupe suivant CC de la figure 2b.

La figure 4 est une vue de dessus d'une portion d'une entretoise de maintien des tubes de l'échangeur de chaleur représenté sur la figure 1.

Les figures 5, 6 et 7 sont relatives à un second mode de réalisation d'une entretoise de maintien des tubes.

Les figures 5 et 5a sont des vues de dessus d'une partie de cette entretoise, à des échelles différentes.

La figure 6 est une vue suivant F de la figure 5a.

La figure 7 est une vue partielle en élévation dumoyen de maintien des éléments de l'entretoise.

La figure 8 est une vue en coupe des éléments permettant le montage des tubes du faisceau dans les entretoises.

Sur la figure 1, on voit l'échangeur de chaleur désigné de façon générale par le repère 1 en position à l'intérieur de la cuve d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides remplie de sodium liquide jusqu'au niveau 2. L'échangeur de chaleur 1 traverse la dalle 3 par une traversée 4 et repose par l'intermédiaire d'une bride 5 sur une bride de support 6 portée par la virole de la traversée 4 de la dalle 3.

Sur la partie supérieure 1a de l'échangeur 1 sont fixés des conduits isolés 7 et 8 assurant respectivement le retour du sodium secondaire refroidi dans l'échangeur de chaleur et le prélèvement du sodium secondaire échauffé qui est envoyé, pour son refroidissement, dans un échangeur de chaleur sodium-air disposé à l'extérieur de la cuve, non représenté, et situé sur le circuit de sodium secondaire.

La partie inférieure 1b de l'échangeur est constitué par une virole à axe vertical comportant des perçages et enveloppant le faisceau d'échange.

On va maintenant décrire plus en détail la structure de l'échangeur de chaleur 1 en se reportant aux figures 2a et 2b.

On voit que la partie supérieure 1a de l'échangeur de chaleur comporte une enveloppe externe sur laquelle sont fixés les conduits de sodium 7 et 8 en communication à l'intérieur de l'enveloppe de l'échangeur de chaleur avec une chambre 10 d'arrivée du sodium liquide secondaire et avec une chambre 11 du retour du sodium secondaire échauffé, respectivement.

Les chambres 10 et 11 d'arrivée et de retour de sodium liquide secondaire sont coaxiales et ont pour axe commun l'axe vertical ZZ' de l'échangeur de chaleur.

La chambre 10 d'arrivée du sodium secondaire est disposée à la partie centrale et comporte une double paroi. La chambre 11 de retour du sodium secondaire échauffé, de forme annulaire, est disposée à la périphérie de la chambre 10. Les chambres 10 et 11 sont constituées par des viroles cy-

lindriques et des viroles tronconiques soudées bout à bout.

Le volume compris entre les deux parois de la chambre 10 est rempli par un gaz inerte.

Le volume compris entre la paroi externe de la partie cylindrique de la chambre 11 et l'enveloppe externe de l'échangeur de chaleur est rempli par des blocs de calorifuge 12. Du calorifuge est également disposé dans le prolongement de ces blocs 12 autour des conduits 7 et 8. Un bloc métallique 13, disposé autour de la partie tronconique des chambres 10 et 11, permet de réaliser une protection biologique de la traversée 4.

Sous la bride 5 sont fixées deux viroles coaxiales 14 laissant entre elles un espace de très faible largeur et d'une hauteur suffisante pour entourer l'enveloppe de l'échangeur de chaleur 1 sur toute la hauteur de la traversée 4. Ces viroles 14 réalisent de manière connue une protection thermique de la traversée.

Sous la bride 5 est également fixée une virole 15 de plus forte épaisseur constituant la paroi externe de l'échangeur de chaleur reliant la bride 5 à la partie inférieure 1b de l'échangeur. Dans cette partie 1b de l'échangeur se trouve le faisceau 17 constitué par un ensemble de tubes pliés en épingle qui comportent chacun une extrémité reliée à une plaque tubulaire externe de forme annulaire 18 et une extrémité reliée à une plaque annulaire centrale de forme circulaire 19.

Les deux plaques tubulaires 18 et 19 ont toutes deux pour axe l'axe ZZ' de l'échangeur de chaleur et sont placées en vis-à-vis à un même niveau dans cet échangeur de chaleur, la plaque annulaire 18 entourant la plaque circulaire 19.

La plaque tubulaire 18 est reliée sur sa périphérie à la virole 15 de l'échangeur de chaleur qui assure ainsi la liaison entre la plaque tubulaire 18 et la bride 5. Sur son bord interne, la plaque annulaire 18 est reliée à l'une des parois de la chambre 10 d'arrivée du sodium secondaire. Enfin, sur sa périphérie et à sa partie supérieure, la plaque centrale 19 est reliée à la seconde enveloppe de la chambre 10.

L'enveloppe de la chambre 11 est reliée à la virole 15 à sa partie inférieure par l'intermédiaire d'une pièce en Y 21.

La virole 15 est prolongée en-dessous des plaques tubulaires 18 et 19 par la virole 1b enveloppant le faisceau de tubes de l'échangeur de chaleur. Cette virole 1b est fixée par soudage le long du bord externe de la plaque annulaire 18, en-dessous de cette plaque.

Le long du bord interne de la plaque 18, sur sa face inférieure,

est fixée une virole 20 de faible longueur. La partie inférieure de cette virole 20 est reliée à une pièce de jonction annulaire à section en Y 22 qui permet de raccorder la virole 20 à une virole 23 d'une longueur sensiblement identique coaxiale à la virole 20 et fixée le long du bord de la plaque centrale 19 sur sa face inférieure.

A la partie inférieure de la pièce annulaire 22 à section en Y sont fixés des tirants 25 dont la répartition circonférentielle est visible sur les figures 3a et 3b. Ces tirants 25 maintiennent par l'intermédiaire de fourreaux de courte longueur 26, un ensemble de grilles entretoises 27 assurant le maintien transversal des tubes 28 du faisceau 17.

Chacun des tubes 28 du faisceau comporte une partie droite descendante 28a fixée à son extrémité supérieure dans la plaque tubulaire 19, une partie coudée de retournement du tube 28b, une partie droite de retour 28c, une portion circulaire horizontale 28e visible sur la figure 3a et enfin une partie droite terminale 28f fixée à l'intérieur de la plaque tubulaire 18. De cette façon, pour chacun des tubes 28, l'extrémité d'entrée communique avec la chambre d'arrivée du sodium 10 et l'extrémité de sortie avec la chambre de retour 11 du sodium liquide. La partie inférieure de l'échangeur de chaleur jusqu'au niveau de sodium liquide 2 étant plongée dans le sodium primaire à refroidir, le sodium secondaire circulant dans les tubes 28 s'échauffe avant de ressortir dans la chambre 11. Les différentes parties des tubes et de l'échangeur de chaleur sont donc à des températures différentes. Le sodium primaire est en contact avec le faisceau sur toute sa longueur immergée et des perforations 30 sont prévues pour le passage du sodium primaire dans l'enveloppe 1b.

La partie supérieure des portions 28a des tubes, les portions circulaires 28e dans leur totalité et les portions 28f sont disposées au-dessus du niveau 2 du sodium liquide primaire.

La dilatation différentielle des portions du tube soumises à des fluides à des températures différentes est compensée en grande partie par la portion circulaire 28e du tube disposée au-dessus du niveau du sodium liquide. Ces portions sont donc soumises à des flexions qu'elles peuvent cependant absorber sans trop de difficultés étant donné leur longueur correspondant à un arc de circonférence ayant un angle au centre de l'ordre de 140° et de toute façon supérieur à 120° c'est-à-dire au tiers de la circonférence. D'autre part, ces portions circulaires 28e ne sont pas soumises à des conditions d'utilisation trop défavorables puisqu'elles sont situées au-dessus du niveau du sodium liquide primaire.

Les deux plaques tubulaires 18 et 19 comportent des moyens de jonction aussi bien entre elles qu'à la bride de support 5 de l'échangeur qui permettent d'absorber toute déformation du faisceau et des viroles de l'échangeur. En même temps, ces moyens de jonction permettent un maintien efficace des plaques tubulaires et de la virole externe 1b du faisceau. De plus, le maintien transversal du faisceau contre les vibrations est assuré par les entretoises 27 fixées à la partie inférieure de la pièce de jonction annulaire 22.

La base du faisceau constituée par les portions coudées 28b visibles sur les figures 2b et 3c est constituée par une simple juxtaposition de tubes en épingle possèdant une bonne tenue à la déformation dans les directions transversales.

Sur la figure 4, on voit un mode de réalisation d'une grille entretoise 27 de fixation des tubes 28. Cette grille entretoise 27 est constituée par un ensemble de cerces 34 circulaires et concentriques ayant toutes pour axe l'axe ZZ' de l'échangeur de chaleur, entre lesquelles sont disposées des bandes métalliques 32 à pliage sinusoïdal fixées de chaque côté sur les cerces correspondantes. Les cerces 34 sont constituées par des portions successives reliées par des pièces de jonction soudées 35. Les bandes 32 pliées sous forme de sinusoïdes assurent la jonction entre les différentes cerces et constituent avec elles trois couronnes de maintien externes 36a, 36b et 36c et six couronnes internes 37.

Entre l'ensemble des couronnes internes 37 et les couronnes externes 36 est ménagé un espace dans lequel les fourreaux 26 de maintien des tirants 25 sont fixés grâce à des pièces permettant également la jonction entre la partie interne de la grille entretoise et la partie externe.

Les tirants 25 assurent la suspension de la grille entretoise 27 sous les plaques tubulaires.

Le procédé de montage des tubes 28 dans les grilles entretoises 27 sera exposé plus loin.

Sur les figures 5, 6 et 7, on voit un second mode de réalisation d'une grille entretoise, celle-ci comportant un ensemble de cerces concentriques 40 ayant toutes pour axe l'axe ZZ' de l'échangeur de chaleur comme précédemment. Ces cerces 40 comportent des découpes rectangulaires 41 comme visibles sur la figure 6 et l'ossature de la grille est constituée, en plus des cerces 40, par des éléments radiaux 42 et un feuillard 43 plié de façon à ménager un logement pour les tubes 28 entre le feuillard 43 et la cerce correspondante 40. Entre deux portions pliées en cylindre pour venir en

contact avec les tubes 28, le feuillard 43 est plié à angle droit pour constituer une partie de dimensions correspondant aux découpes 41 de la cerce 40. Ces portions 44 pliées à angle droit sont introduites dans les découpes 41 de la cerce 40 et maintenues en place par des pièces 45 jouant le rôle d'étrier. Ces pièces 45 ont la forme de portions d'anneaux découpées en créneaux comme visible à la figure 7 ou de peignes.

Les cerces concentriques 40, les éléments radiaux 42 et le feuillard 43 constituant l'ossature de la grille 27 sont reliés entre eux pour assurer la cohésion de la structure. Les éléments radiaux 42 portent également les fourreaux 26 de fixation des tirants 25 de suspension de la grille 27.

Aussi bien dans le cas de la grille représentée à la figure 4 que dans le cas de la grille représentée aux figures 5, 6 et 7, le montage et la fixation des différents éléments les constituant sont réalisés pour l'ensemble des six couronnes internes, avant le montage du faisceau.

Pour le montage du faisceau, on met en place les parties intérieures des grilles entretoises suspendues par les tirants 25 sous les plaques tubulaires 18 et 19 puis les branches 28a des tubes 28 sont introduites dans les grilles entretoises une à une de façon à constituer une première couche externe complète. Les extrémités des tubes 28 sont alors reliées aux plaque tubulaires 18 et 19 respectivement et les cerces externes sont mises en place de façon à constituer une première couronne externe de fixation des tubes 28. Les éléments de fixation tels que 32 (figure 4) ou tels que 43 et 45 (figure 5) sont reliés à la ou les cerces mises en place dans la partie externe de la grille.

On constitue les deux couches suivantes successivement, de la même façon.

Quand l'ensemble du faisceau et les grilles entretoises ont été ainsi assemblés, on met en place la virole externe 1b enveloppant le faisceau, puis on fixe par soudage cette virole 1b sur la plaque tubulaire 18.

Dans le cas de la grille représentée aux figures 5, 6 et 7, les tubes 28 sont d'abord mis en place contre les cerces 40, puis les pièces de fixation 43 sont introduites dans les découpes 41 des cerces 40. Enfin, l'ensemble est immobilisé par les pièces 45 en forme de peigne.

Pour le montage des parties internes pré-assemblées des grilles entretoises et le montage des tubes dans ces parties pré-assemblées, on utilise les moyens représentés sur la figure 8 montrant l'extrémité 28a d'un tube 28 en cours de montage dans une grille 27. Un embout ogival 50 équipe

l'extrémité du tube 28a à introduire dans la grille 27 qui comporte des manchons 51 ayant les mêmes diamètres internes et externes que les tubes 28 qui ont été mis en place au moment du montage des éléments de la grille à l'emplacement que doivent occuper les tubes, pour maintenir un écartement de ces éléments correspondant exactement à la dimension des tubes 28. Les manchons 51 sont maintenus par les forces radiales exercées par les éléments élastiques constituant la grille 27.

Lorsqu'on introduit l'extrémité du tube 28a comportant l'embout ogival 50 dans l'embout 51, celui-ci est chassé par poussée, cependant que le tube 28 vient occuper sa place dans la grille entretoise 27. Le tube 28a est ainsi maintenu parfaitement dans la grille entretoise.

On voit que les principaux avantages de l'échangeur de chaleur suivant l'invention sont de permettre des dilatations des différentes parties de cet échangeur, pendant son fonctionnement et en particulier des tubes du faisceau, sans créer de contraintes excessives dans ces éléments.

L'ensemble des éléments d'échangeur est également parfaitement maintenu contre les vibrations, en particulier dans la direction transversale.

Le montage des plaques tubulaires à un même niveau dans l'échangeur, tout en leur permettant des déplacements relatifs sous l'effet des dilatations, permet d'optimiser la structure de l'échangeur de chaleur.

Enfin, l'échangeur de chaleur suivant l'invention peut être réalisé par des opérations de montage simples et parfaitement définies.

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

C'est ainsi que la longueur des viroles 20 et 23 de liaison des plaques tubulaires et de suspension des grilles entretoises peut varier entre certaines limites. Pratiquement, cette longueur L des viroles 20 et 23, dans le cas d'un échangeur de chaleur tel qu'utilisé dans un réacteur nucléaire à neutrons rapides pourra être telle qu'elle vérifie les inégalités suivantes :

$$3\sqrt{Rt} < L < 5\sqrt{Rt}.$$

où R est le rayon de la virole externe 1b de l'échangeur de chaleur et t l'épaisseur des viroles de jonction.

Dans le cas des échangeurs de chaleur des réacteurs nucléaires à neutrons rapides, cette épaisseur est généralement comprise entre 6 et 10 mm.

Dans de tels échangeurs de chaleur, la différence de température

T entre les parties les plus chaudes et les parties les plus froides est généralement voisine de 200°C.

On peut également imaginer de réaliser des grilles entretoises d'une façon différente de celles qui ont été décrites.

Enfin, le pliage des tubes du faisceau peut être légèrement différent de celui qui a été décrit et représenté.

L'invention s'applique dans tous les cas où l'on utilise un échangeur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire, cet échangeur de chaleur plongeant dans une cuve contenant le fluide primaire.

REVENDICATIONS

1.- Echangeur de chaleur de secours pour le refroidissement du fluide primaire d'un réacteur nucléaire contenu dans une cuve comportant une plaque de fermeture (3) sensiblement horizontale et renfermant le coeur du réacteur immergé dans le fluide primaire, comportant une bride de support (5) reposant sur la plaque de fermeture (3), un faisceau (17) de tubes d'échange pliés en épingle et fixés sur deux plaques tubulaires (18, 19), une virole (1b) cylindrique à axe vertical enveloppant le faisceau (17) qui est plongé dans le fluide primaire et un circuit d'alimentation (7, 8) des tubes (28) du faisceau (17) en fluide d'échange thermique comportant un moyen de refroidissement du fluide d'échange échauffé par le fluide primaire, disposé à l'extérieur de la cuve,

caractérisé par le fait que les deux plaques tubulaires (18, 19) sont placées de façon coaxiale horizontalement et au même niveau, l'une de ces plaques tubulaires (18) de forme annulaire située de façon périphérique par rapport à la seconde plaque (19) centrale, de forme circulaire, étant fixée à une virole (15) à axe vertical située au-dessus des plaques tubulaires (18, 19) et reliant celles-ci à la bride de support (5) et à une seconde virole (20) coaxiale à la première (15), située en-dessous des plaques tubulaires (18, 19) et portant une pièce de raccord (22) d'une troisième virole (23) reliée à la plaque tubulaire centrale (19),

et que chacun des tubes (28) du faisceau (17) comporte une partie droite verticale (28a) reliée à la plaque tubulaire centrale (19), une partie coudée (28b) pour le retournement du tube (28), une partie droite verticale de retour (28c), une portion circulaire horizontale (28e) sur environ un tiers de circonférence et une partie verticale (28f) se raccordant à la plaque tubulaire périphérique (18).

2.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 1,

caractérisé par le fait que la pièce de raccord (22) porte à sa partie inférieure un ensemble de tirants verticaux (25) pour la suspension de grilles entretoises (27) maintenant les tubes (28) du faisceau (17) dans les directions radiales.

3.- Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2,

caractérisé par le fait que la seconde virole (20) et la troisième virole (23) ont des longueurs, dans la direction verticale, sensiblement égales, cette longueur (L) étant définie par les inégalités suivantes :

$$3\sqrt{Rt} < L < 5\sqrt{Rt}$$

où R est le rayon de la virole enveloppant le faisceau de l'échangeur et t l'épaisseur commune aux viroles (1b, 20 et 23).

4.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que l'épaisseur des viroles de liaison des plaques tubulaires (20, 23) est comprise entre six et dix millimètres.

5.- Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1, 2, 3 et 4, caractérisé par le fait que la portion circulaire horizontale (28e) des tubes (28) permettant leur dilatation est disposée dans une zone de l'échangeur de chaleur (1) située au-dessus du niveau (2) du fluide primaire dans la cuve du réacteur nucléaire.

6.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que les grilles entretoises (27) sont constituées par un ensemble de cerces circulaires (34, 40) concentriques et horizontales sur lesquelles sont fixés des éléments élastiques (32, 43) de maintien des tubes (28).

7.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que les éléments élastiques sont des bandes métalliques (32) à pliage sinusoïdal intercalées entre deux cerces successives (34) ménageant des espaces pour le logement des tubes (28).

8.- Echangeur de chaleur suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que les cerces (40) de section circulaire et de forme cylindrique comportent des ouvertures rectangulaires (41) à l'intérieur desquelles sont engagées des parties (44) pliées à angle droit d'un feuillard constituant le moyen élastique (43) de maintien des tubes (28) contre une des faces de la cerce (40), des peignes d'immobilisation (45) étant introduits dans les parties (44) pliées à angle droit du moyen élastique (43), du côté de la face de la cerce (40) qui n'est pas en contact avec le tube (28).

9.- Procédé de montage d'un échangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 6, 7 et 8 ayant au moins une grille-entretoise (27) comportant un ensemble de cerces (34, 40) délimitant des couronnes successives de maintien des tubes à l'intérieur desquelles les éléments élastiques (32, 43) viennent en contact avec les tubes (28) et constituent deux ensembles, l'un interne situé vers la partie centrale de l'échangeur et recevant les parties (28a) des tubes (28) reliées à la plaque tubulaire centrale (19) et l'autre externe situé vers la virole externe (1b) de cet échangeur,

caractérisé par le fait que l'ensemble des couronnes internes constitué par les cerces (34, 40) et les éléments élastiques (32, 43) est pré-assemblé, que cet ensemble interne est fixé sous les plaques tubulaires (18, 19), que les extrémités d'arrivée (28a) des tubes (28) sont introduites une par une dans des logements prévus dans les grilles entretoises (27), jusqu'à constituer une rangée externe complète correspondant à une couronne de l'ensemble externe, que la ou les cerces (34, 40) correspondant à cette couronne externe et les éléments élastiques correspondants (32, 43) sont mis en place et assemblés, qu'on répète les opérations de montage des tubes, couronne externe par couronne externe, jusqu'au montage complet du faisceau, qu'on fixe les extrémités des tubes (28) dans les plaques tubulaires (18 et 19) et qu'enfin on met en place et l'on fixe la virole externe (1b) enveloppant le faisceau (17).

10.- Procédé de montage d'un échangeur de chaleur suivant la revendication 9,

caractérisé par le fait qu'on introduit au moment de leur assemblage, dans les couronnes internes des grilles entretoises (27) des manchons (51) de même diamètre que les tubes (28), dans les positions qui doivent être occupées ultérieurement par les tubes (28), qu'on équipe l'extrémité (28a) des tubes (28) d'embouts (50) et qu'au moment de l'introduction des tubes (28) dans la partie interne pré-assemblée des grilles entretoises (27) on chasse, par poussée grâce à l'embout (50), pour chacun des tubes, le manchon (51) correspondant dont le tube (28) vient prendre la place dans la grille entretoise (27).

Fig 3a

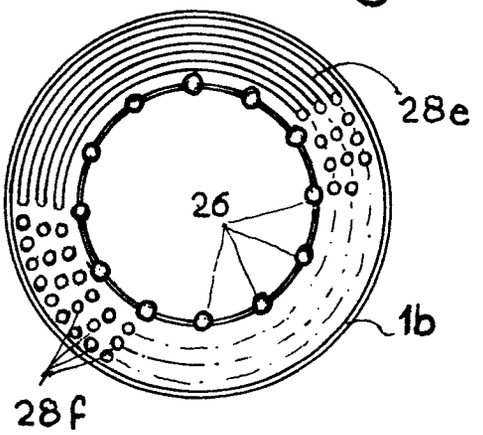


Fig 1

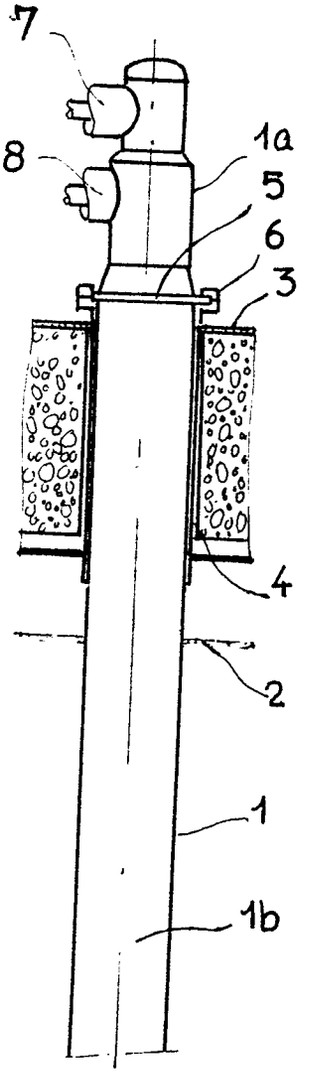


Fig 3b

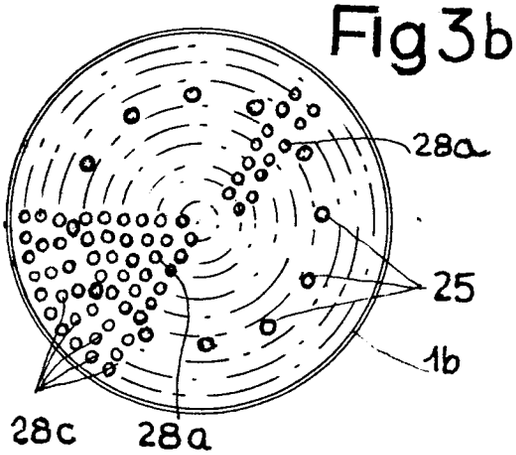
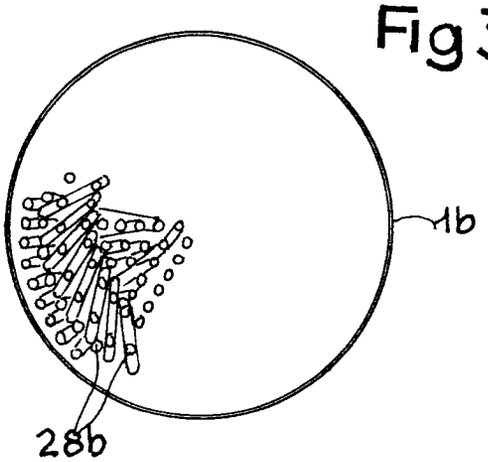


Fig 3c



0173602

Fig.2b

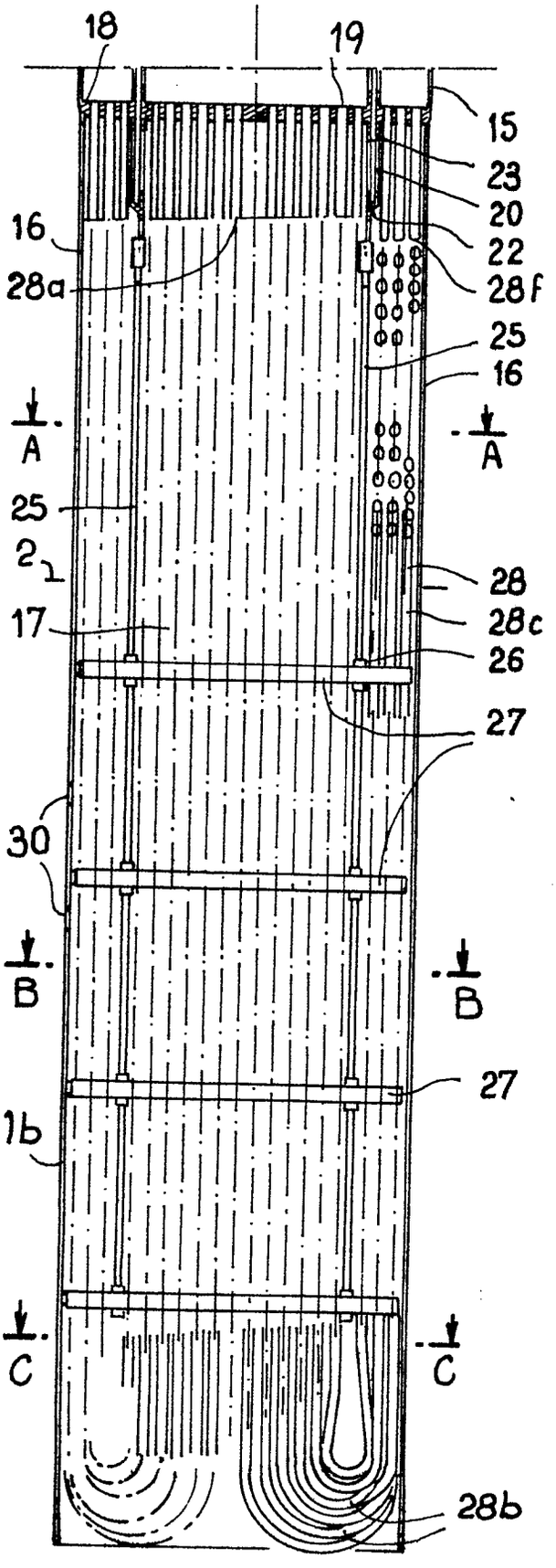


Fig.2a

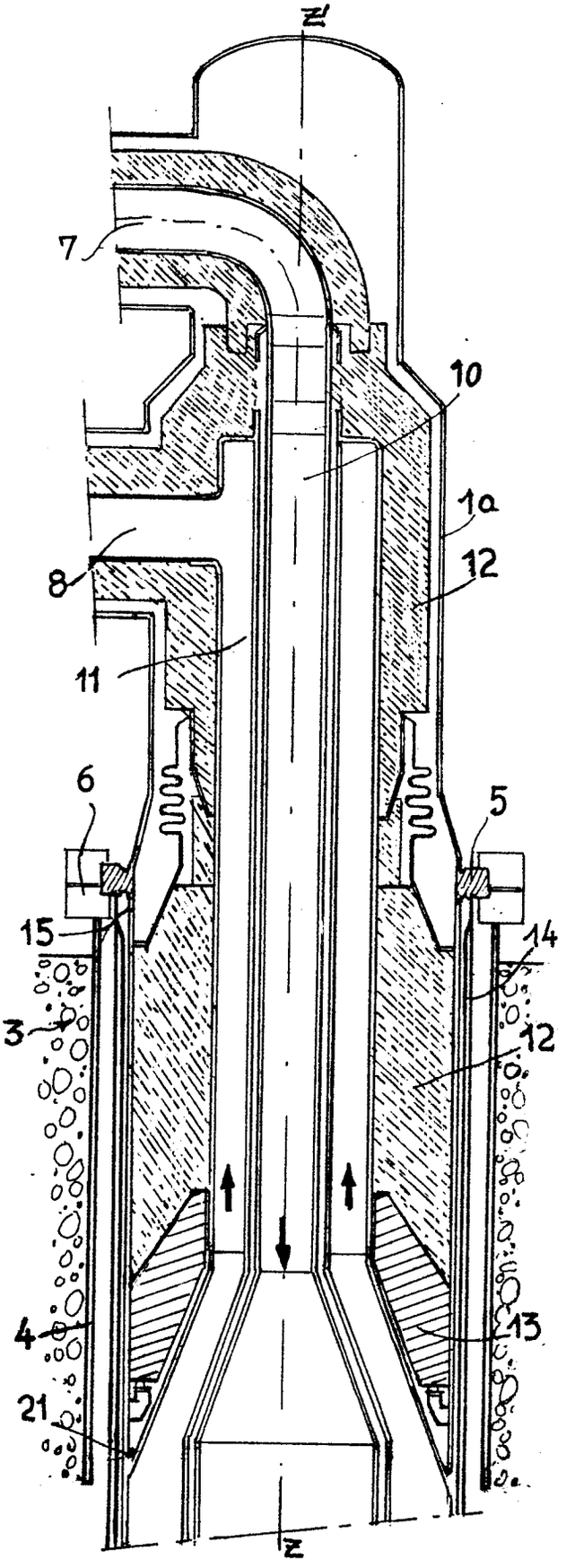


Fig 4

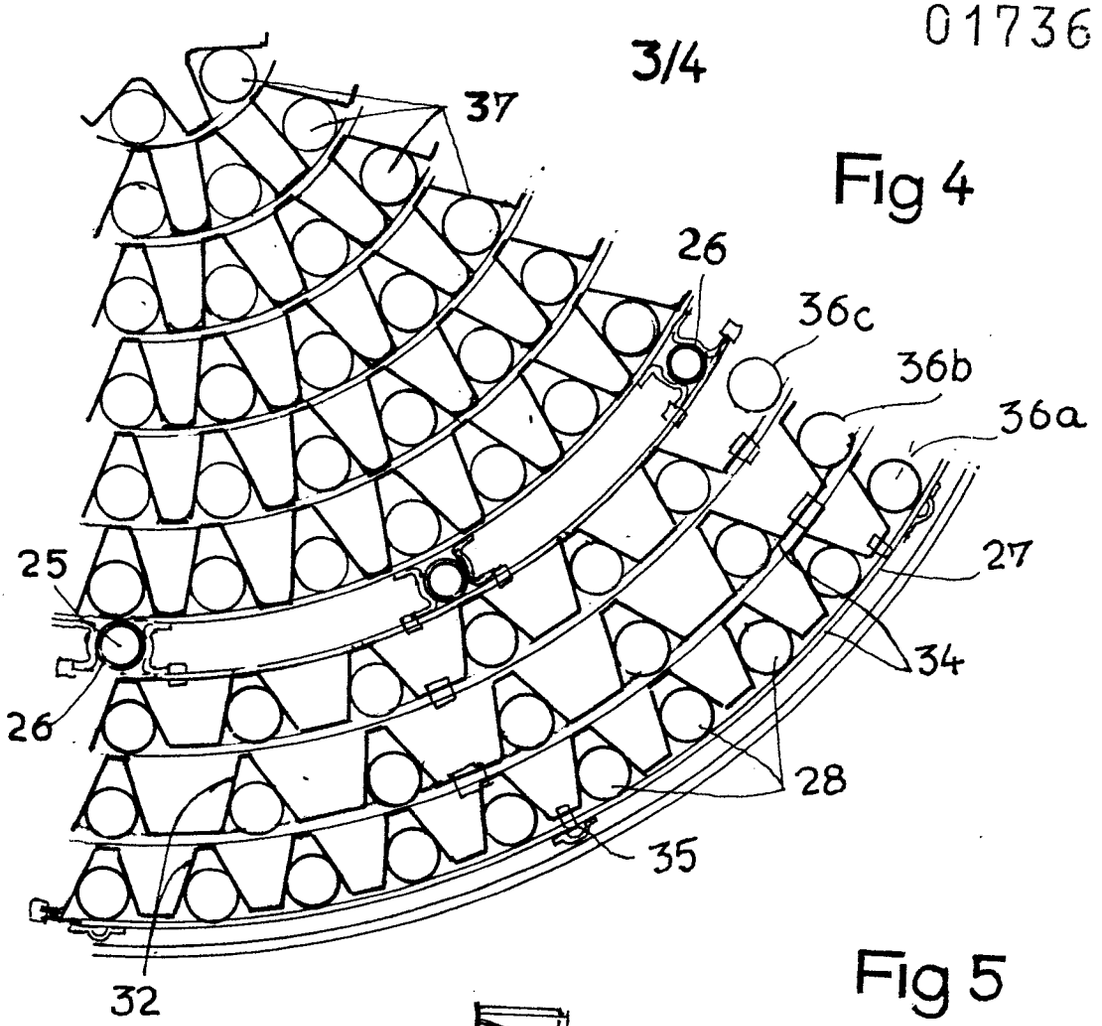
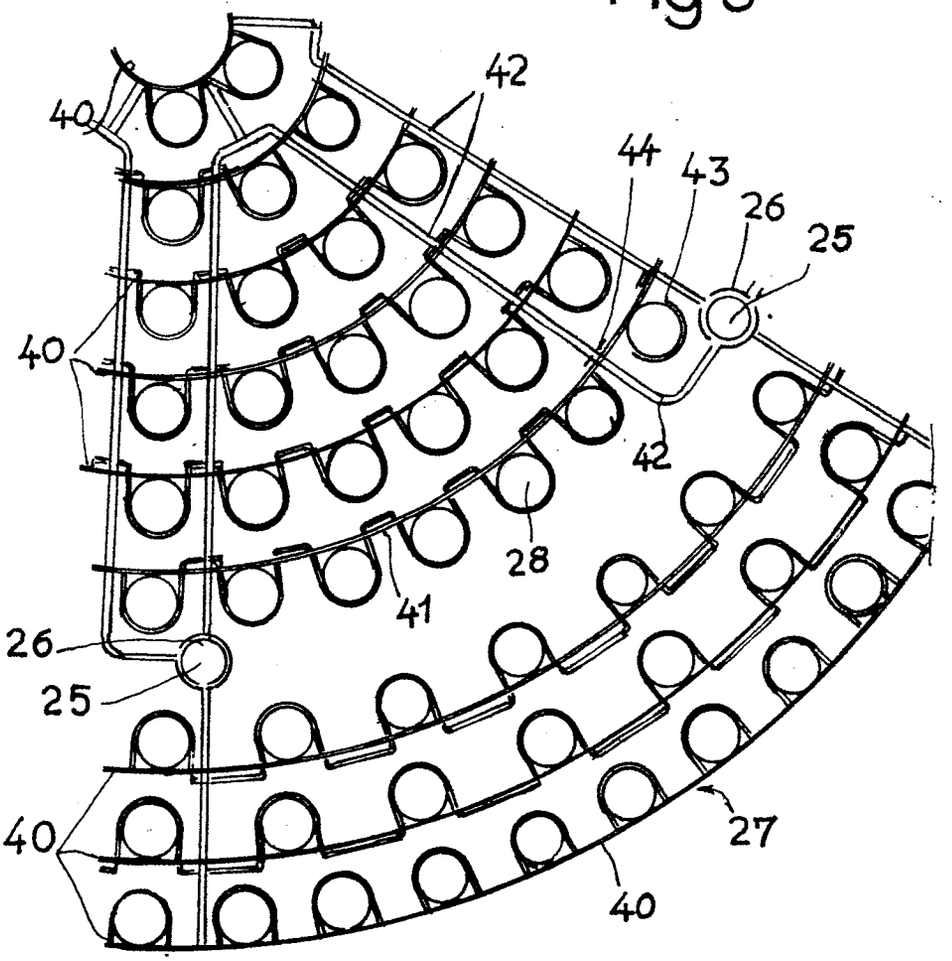

37
26
36c
36b
36a
27
25
34
26
28
35
32

Fig 5


42
40
44
43
26
25
40
42
28
41
26
25
27
40
40

0173602

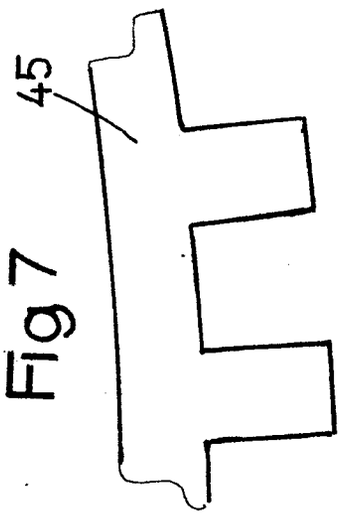


Fig 7

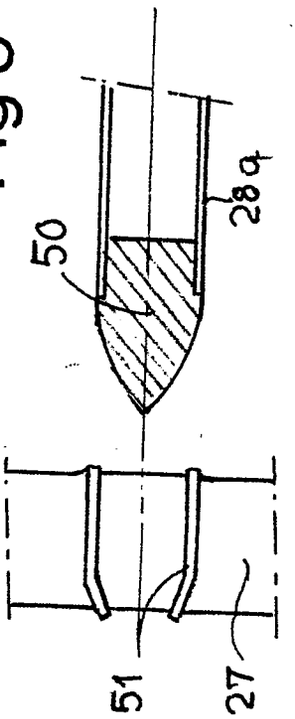


Fig 8

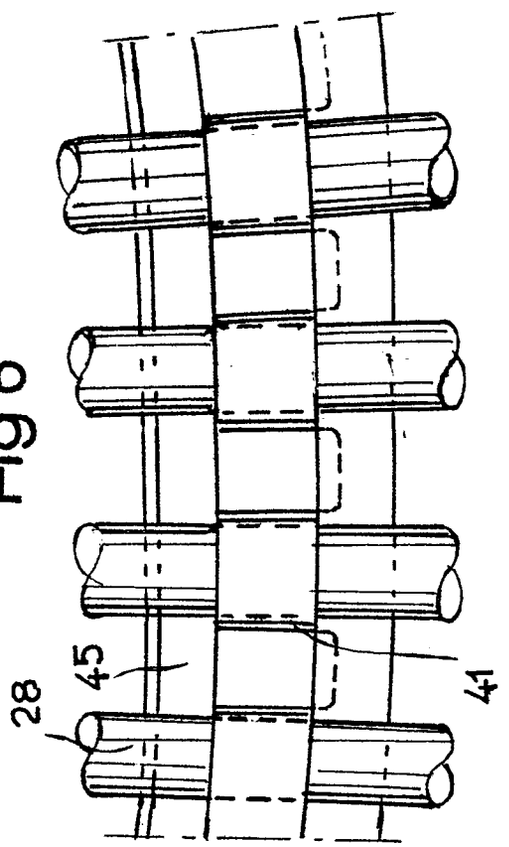


Fig 6

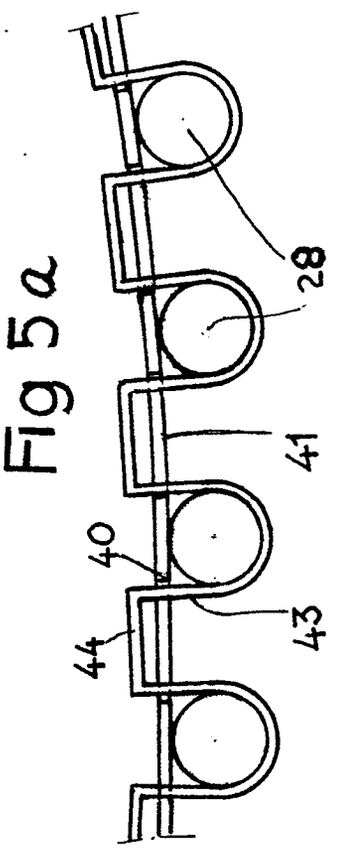


Fig 5a

Office européen des brevets

0173602
Numero de la demande

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

EP 85 40 1459

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernee	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	US-A-3 805 890 (BOARDMAN) * Colonne 2, ligne 29 - colonne 3, ligne 29; figure 1 *	1,3	F 28 D 7/00 F 28 F 9/00 G 21 C 15/18
A	FR-A-1 438 672 (BABCOCK WILCOX) * Page 2; figure 1 *	1,3	
A	FR-A-2 171 869 (STEIN) * Page 3, lignes 4-21; figure 1 *	5	
A	FR-A-2 106 620 (U.K.A.E.A.) * Page 6, ligne 28 - page 7, ligne 14; figures 1-7 *	2,6,7	
A	GB-A-1 167 723 (BABCOCK WILCOX) * Page 2, lignes 53-86; figure 2 *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	GB-A-1 564 821 (U.K.A.E.A) * Page 3, ligne 115 - page 4, ligne 10; figures 1,3 *	9	F 28 D F 28 F F 22 B
A	WO-A-8 302 821 (GA TECHNOLOGIES) * Page 5, ligne 18 - page 6, ligne 25; figures 2,3 *	9	
A	EP-A-0 083 545 (NOVATOME)		

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	01-11-1985	JEST Y.G.A.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

OEB Form 1503 03 82