



N° 890.359

Classif. Internat.: F28D/A07K/A07G

Mis en lecture le: 15-03-1982

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;

Vu le procès-verbal dressé le 15 septembre 1981 à 14 h. 50
au Service de la Propriété industrielle;

ARRÊTE :

Article 1. — Il est délivré à Mme. Esther C. DUJARDIN et Mr. Robert A. (DEVREUX,

resp. : 8 avenue des Bois, à Esneux

et : 10, Allée du Hérisson, Bruxelles,

repr. par le Cabinet Bede à Bruxelles,

un brevet d'invention pour: Echangeur de chaleur pour la culture et
l'élevage d'organismes aquatiques, installation et
procédé mettant en oeuvre cet appareil

Article 2. — Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et
périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit
de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention
(mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui
de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 15 mars 1982

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE:

Le Directeur

L. SALPETEUR

Madame Esther, Clotilde DUJARDIN

et

Monsieur Robert, Albert, Ghislain DEVREUX

respectivement à B-4050 ESNEUX (Belgique)

et à B-1070 BRUXELLES (Belgique)

Echangeur de chaleur pour la culture et l'élevage
d'organismes aquatiques, installation et procédé
mettant en oeuvre cet appareil.

La présente invention est relative à la mise en valeur des calories contenues dans un fluide d'origine soit naturelle, par exemple géothermique, soit artificielle, plus particulièrement industrielle
5 tel que les fumées et les eaux de rejet d'industries nucléaires, métallurgiques, électriques, etc.

En particulier, l'invention a pour objet la récupération des calories dites de bas niveau, c'est-à-dire celles contenues par exemple dans des
10 eaux tièdes dont la température est de l'ordre de 30 à 50°C, pour chauffer un milieu de culture ou d'élevage d'organismes aquatiques d'origine animale ou végétale en tenant compte du fait qu'une faible élévation de température accroît fortement le rende-
15 ment de la photosynthèse ou le métabolisme et la croissance de certaines espèces animales aquatiques. Plus particulièrement la récupération desdites calories a lieu dans un échangeur de chaleur. A cet effet, on peut faire passer le fluide caloporteur
20 directement dans l'échangeur de chaleur pour y chauffer le milieu de culture qui y passe également. On peut également, en particulier lorsque le fluide est un gaz (vapeur d'eau, anhydride carbonique) le faire barboter dans de l'eau et faire ensuite
25 passer celle-ci dans l'échangeur de chaleur pour la mettre en contact d'échange calorifique avec le milieu de culture à chauffer.

L'échangeur de chaleur utilisable à cet effet comprend essentiellement une base pourvue de
30 nervures longitudinales délimitant entre elles des canaux de circulation d'un fluide caloporteur, un plancher recouvrant l'ensemble des canaux et nervures et formant le fond d'un bassin pour le milieu de culture, ce plancher étant en un matériau conducteur
35 de la chaleur, des moyens pour amener le fluide caloporteur dans les canaux et des moyens pour amener

le milieu de culture sous forme de suspension aqueuse au bassin précité, d'une extrémité de celui-ci à l'autre et pour amener ce milieu de culture à la première extrémité précitée.

Ces caractéristiques et d'autres particularités de l'invention ressortiront plus particulièrement dans la description qui suit et fait référence aux dessins ci-annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue latérale de l'ensemble du dispositif ;
- la figure 2 est une coupe à travers ce même dispositif ; et
- la figure 3 est un détail de cette coupe montrant la fixation des éléments de plancher métallique aux nervures.

Dans ces différentes figures, les mêmes notations de référence désignent les mêmes éléments.

Tel qu'illustré, l'échangeur comprend les éléments suivants :

- 1) une base 1 constituée par un plan nervuré incliné en béton ou autre matériau étanche à l'eau, pourvu de nervures 2 longitudinales laissant entre elles des canaux 3 longitudinaux ; la base 1 peut toutefois aussi avoir une pente faible voire même nulle, en fonction des conditions de culture ;
- 2) un plancher de tôle 4 recouvrant l'ensemble des canaux et nervures et formant le fond d'un bassin 5.

L'eau de chauffage, qui peut être une eau industrielle à dépolluer thermiquement, arrive en 6 en tête du plan incliné, circule dans les canaux 3 précités et sort à l'autre extrémité, en 7. La solution de culture qui circule dans le bassin 5 est recueillie dans un collecteur 8 en aval du bassin et est repompée par une pompe 9 en tête du plan incliné à l'endroit désigné 10. En amont de la pompe qui fonctionne ainsi comme mélangeur (et éventuellement en d'autres endroits du plan incliné) on introduit éventuellement du dioxyde de carbone.

Au lieu de se faire uniquement en 6, l'arrivée d'eau chaude peut également se faire en plusieurs points espacés sur la longueur de l'échangeur en tenant compte de la variation de température tolérée dans la suspension de culture en régime.

Le plancher de tôle 4 se compose de bandes métalliques individuelles dont chacune s'étend dans le sens de la longueur de l'échangeur, d'une nervure 2 à une autre nervure voisine ou au bord longitudinal 11 voisin délimitant le bassin 5, de manière à recouvrir le canal compris entre ces nervures ou entre chaque nervure voisine du bord du bassin et ce bord.

Les tôles longitudinales 4 de l'échangeur sont en acier inoxydable de faible épaisseur, par exemple 0,5 mm, ou en aluminium ou en tout autre matériau suffisamment conducteur de la chaleur. Elles sont fixées de façon à assurer leur libre dilatation sur toute la longueur de l'échangeur.

Le dispositif de fixation des tôles 4 comporte deux bandes métalliques 15 et 16 de largeur égale ou inférieure à celle des nervures 2 et serrées sur lesdites nervures au moyen de boulons 17 à queue expansible, régulièrement espacés. Entre la bande métallique 15 inférieure et la nervure 2 en béton est placé et collé un joint 18

en mousse ou autre matériau plastique, de manière à épouser les irrégularités de la surface du béton. Un second joint de mousse 19 est placé entre les bords des tôles d'échange, au centre de la nervure. Sa largeur vaut au moins deux fois le diamètre du boulon.

Les bandes longitudinales métalliques 15 et 16 ont par exemple une longueur de 5 m approximativement et laissent entre elles un espace de dilatation de 0,53 cm (les variations de température permises vont de -30°C à $+100^{\circ}\text{C}$). Cet espace de dilatation peut être rempli d'un matériau déformable et étanche, par exemple une mousse à larges cellules. Les trous de fixation sont du type boutonnière.

Pour les suspensions de culture demandant une agitation importante, les boulons 17 de fixation

des tôles sont plus longs de façon à permettre en même temps la fixation, au-dessus de la tôle longitudinale supérieure 16, d'un dispositif de fixation de chicanes 20, par exemple sous forme de blochets 21 en bois (type chevrons). La hauteur des blochets et le type de chicanes dépendent du type de culture envisagé. Les chicanes peuvent être de simples plaques en métal, en PVC ou en autre matériau approprié.

Ci-après on donne maintenant deux exemples de réalisation et d'application concrètes de l'invention.

EXEMPLE 1

Dépollution thermique d'une eau industrielle et production simultanée d'algues microscopiques Scenedesmus

Il s'agit d'une culture en circuit fermé et à l'air libre sur un plan modulaire incliné (de pente 4,25 % de préférence orientée vers le sud pour les organismes photosynthétiques), de 15 m de largeur et 100 m de longueur, pourvu de chicanes assurant la turbulence désirée.

Ce dispositif comporte 15 nervures espacées chaque fois d'un mètre (distance entre axes médians des nervures), de 7 cm de hauteur et de 15 cm de largeur.

Les tôles, en acier inoxydable de 1 m de large sont simplement déroulées à partir de "coils" sur les 100 m de longueur de l'échangeur et sont fixées par les bords sur les nervures en béton.

Dans le cas décrit, on utilise des blochets par exemple en bois pourvus d'une saignée inclinée de 60 degrés pour maintenir les chicanes en position optimale. Les encoches sont telles que les chicanes peuvent coulisser et être déplacées de différentes hauteurs de la tôle d'échange.

En prenant des conditions hivernales moyennes, on a :

Température de l'air : 5°C

Vitesse de l'air : 5 m/s

Température de la culture : démarrage à 15°C

Température de l'eau chaude industrielle : 30°C

5 Débit du milieu de culture : 120 m³/h

Débit de l'eau chaude industrielle : 200 m³/h

Hauteur du milieu de culture dans l'appareil : 7 cm

Hauteur de l'eau chaude industrielle : 7 cm.

Comme décrit précédemment, l'eau industrielle
 10 de chauffage arrive en tête du plan incliné (en 6),
 circule dans les canaux 3 de l'échangeur et sort en
 bas pour être évacuée dans un cours d'eau, éventuel-
 lement après passage dans un purificateur approprié.
 L'eau du milieu de culture circule en circuit fermé
 15 dans l'appareil (bassin 5, collecteur 8, pompe 9,
 haut du plan incliné 10).

Dans les conditions précitées, on constate
 que, en régime, la température du milieu de culture
 se maintient entre 17 et 18°C et que l'épuisement
 20 en température de l'eau de chauffage se maintient
 aux environs de 6,8°C, ce qui correspond à une
 puissance de chauffe de l'échangeur de 1580 kW.

Lorsque la température a atteint le niveau
 requis, on met en suspension dans le milieu de culture
 25 (par exemple du type décrit par H.Muller dans Planta 56,355-374)
 les algues *Scenedesmus* à raison de 5.10⁶ algues/ml. La récolte
 des algues a lieu lorsque leur concentration dépasse 60.10⁶/ml.
 On réajuste régulièrement la concentration des sels selon leur
 consommation. L'évaporation est compensée par addition d'eau.

30 EXEMPLE 2

Dépollution thermique d'une eau industrielle et pro- duction simultanée d'algues microscopiques *Scenedesmus*

On opère à l'air libre dans les mêmes
 conditions qu'à l'exemple 1 sauf que cette fois-ci
 35 la vitesse de l'air est de 2 m/s et que la tempéra-
 ture de l'eau industrielle de chauffage est de 27°C.

Dans ces conditions, on constate que, en régime, la température de la culture se maintient aux environs de $19,1^{\circ}\text{C}$ avec une faible oscillation de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

L'épuisement en température de l'eau chaude se maintient aux environs de $4,3^{\circ}\text{C}$ ce qui correspond à une puissance de chauffe de l'échangeur de 1000 kW.

EXEMPLE 3

Dépollution thermique et production simultanée d'algues microscopiques Dunaliella

On opère à l'air libre dans les mêmes conditions qu'à l'exemple 1.

Les algues *Dunaliella* sont munies de flagelles assurant leur déplacement dans le milieu de culture en sorte qu'une faible agitation suffit. On utilise un plan modulaire de pente faible ou nulle (0 à 0,5 %).

Comme l'évaporation est moins forte à cause de la moindre agitation, on peut utiliser un débit d'eau chaude moins important qui peut être d'environ $20 \text{ m}^3/\text{h}$ dans certains cas.

Les algues *Dunaliella* se multiplient dans un milieu chargé en sel (NaCl). Selon la concentration en sel du milieu, elles accumulent différentes quantités de glycérol (20 à 80 % du poids sec).

Pour une culture de 15 cm de profondeur, la concentration en algues par millilitre initialement de $0,5 \cdot 10^6$ passe à $60 \cdot 10^7$ au bout de 6 jours environ ce qui correspond à un rendement de 100 T/ha. an.

La comparaison des exemples 1 et 2 met en évidence la forte influence négative du vent.

Si nécessaire, une faible agitation du milieu de culture peut être créée, en plus de la convection naturelle du bas vers le haut à partir de la surface d'échange :

- a) par pompage en circuit fermé, dans le cas d'un plan légèrement incliné ;
- b) par introduction de CO_2 à l'aide d'un dispositif créant l'agitation désirée ;

c) à l'aide de tout autre système mécanique adéquat (palettes rotatives, ...).

L'échangeur décrit précédemment offre les avantages suivants :

- 5 1 - les tôles d'échange sont planes permettant le réchauffement d'une culture chargée ou l'utilisation d'eaux résiduelles chargées, sans problème d'entretien
- 10 2 - la construction est la plus simple possible : on déroule sur place directement les "coils" sortant du laminoir et coupés à longueur de l'échangeur
- 3 - le dispositif assurant l'étanchéité entre les deux fluides tout en permettant la dilatation est simple et peu coûteux
- 15 4 - le système de fixation des chicanes permettant l'agitation de suspension de certaines cultures (cas des cultures en pente) peut être incorporé facilement au dispositif décrit en 3
- 20 5 - l'échangeur peut être facilement pourvu d'un système de régulation de température de la solution de culture, au moyen d'une vanne modulante à deux, trois ou quatre voies réglant le débit de l'eau chaude et/ou permettant le mélange avec de l'eau froide ou la recirculation de l'eau
- 25 refroidie sortant de l'échangeur
- 6 - suivant la déperdition de chaleur, la dimension de l'échangeur, celui-ci peut être alimenté en eau chaude, en un (uniquement en tête) ou en plusieurs points longitudinalement en fonction de la variation de température tolérée dans la sus-
- 30 pension de culture en régime.

Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée aux détails décrits et que de nombreuses modifications peuvent y être apportées sans pour cela

35 sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mise en valeur des calories plus particulièrement celles de bas niveau, contenues dans un fluide caractérisé par la récupération au moins partielle de ces calories
5 pour chauffer un milieu de culture ou d'élevage d'organismes aquatiques d'origine animale ou végétale.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la récupération desdites calories a lieu dans un échangeur de chaleur.

10 3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le fluide caloporteur est amené à passer directement dans l'échangeur de chaleur pour y chauffer le milieu de culture qui y passe également.

15 4. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le fluide caloporteur étant un gaz, on le fait barboter dans de l'eau et celle-ci est ensuite amenée à passer dans l'échangeur de chaleur pour être mise en contact d'échange calorifique avec le milieu de culture à chauffer.

20 5. Echangeur de chaleur en particulier pour la culture et l'élevage d'organismes aquatiques, caractérisé en ce qu'il comprend une base (1) pourvue de nervures (2) longitudinales délimitant entre
25 elles des canaux (3) de circulation d'un fluide caloporteur, un plancher (4) recouvrant l'ensemble des canaux et nervures et formant le fond d'un bassin (5) pour le milieu de culture desdits organismes, ce plancher étant en un matériau conducteur de la
30 chaleur, des moyens pour amener le fluide caloporteur dans les canaux (3) d'une extrémité de l'échangeur à l'autre, et des moyens pour amener le milieu de culture sous forme de suspension aqueuse au bassin précité, d'une extrémité de celui-ci à l'autre et
35 pour ramener ce milieu de culture à la première extrémité précitée.

6. Echangeur de chaleur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la base (1) est un plan incliné en béton ou tout autre matériau étanche.

5 7. Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'eau de chauffage, qui peut être une eau industrielle à dépolluer thermiquement, arrive (en 6) en tête du plan incliné, circule dans les canaux (3) précités et sort à l'autre extrémité (en 7) et
10 en ce que la solution de culture qui circule dans le bassin (5) est recueillie dans un collecteur (8) en aval du bassin (5) et est repompée par une pompe (9) en tête du plan incliné (en 10).

15 8. Echangeur de chaleur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que le plancher de tôle (4) se compose de bandes métalliques individuelles dont chacune s'étend dans le sens de la longueur de l'échangeur, d'une nervure (2) à une autre nervure voisine ou au bord longitudinal (11) voisin délimitant le bassin (5) de manière à recouvrir le canal
20 (3) compris entre ces nervures ou entre chaque nervure voisine du bord du bassin et ce bord.

9. Echangeur de chaleur suivant la revendication 8, caractérisé en ce que les tôles longitudinales (4) sont en acier inoxydable de faible
25 épaisseur ou en aluminium ou tout autre matériau suffisamment conducteur de la chaleur et non toxique pour les organismes en culture.

30 10. Echangeur de chaleur suivant la revendication 9, caractérisé en ce que les tôles (4) sont fixées de façon à assurer leur libre dilatation sur toute la longueur de l'échangeur.

35 11. Echangeur de chaleur suivant la revendication 10, caractérisé en ce que le dispositif de fixation des tôles (4) comporte deux bandes métalliques (15 et 16) serrées sur les nervures (2) au

moyen de boulons (17) à queue expansible régulièrement espacés.

5 12. Echangeur de chaleur suivant la revendication 11, caractérisé en ce que un joint (18) de même largeur que la nervure (2) en béton est placé et collé entre la nervure et la bande métallique inférieure (15).

10 13. Echangeur de chaleur suivant la revendication 12, caractérisé en ce que le joint (18) est en mousse ou autre matière plastique capable d'épouser les irrégularités des surfaces avec lesquelles le joint est en contact.

15 14. Echangeur de chaleur suivant la revendication 13, caractérisé en ce qu'un second joint (19) est placé entre les bords des tôles d'échange au centre de la nervure.

20 15. Echangeur de chaleur suivant la revendication 14, caractérisé en ce que la largeur du joint (19) vaut au moins deux fois celle du diamètre du boulon.

25 16. Echangeur de chaleur suivant les revendications 11 à 16, caractérisé en ce que les bandes longitudinales (15 et 16) laissent entre elles un espace de dilatation pouvant être rempli d'un matériau déformable et étanche.

30 17. Echangeur de chaleur suivant les revendications 11 à 16, caractérisé en ce que, pour les suspensions de culture demandant une agitation importante, les boulons (17) de fixation des tôles sont plus longs de façon à permettre en même temps la fixation, au-dessus de la tôle longitudinale supérieure (16), d'un dispositif de fixation de chicanes (20).

35 18. Echangeur de chaleur suivant la revendication 17, caractérisé en ce que le dispositif de fixation des chicanes (20) consiste en blochets (21).

19. Echangeur de chaleur suivant la revendication 18, caractérisé en ce que les blochets (21) sont pourvus d'encoches pour incliner les chicanes (20) dans une position optimale.

5 20. Echangeur de chaleur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que l'arrivée du fluide caloporteur se fait en plusieurs points espacés sur la longueur de l'échangeur en tenant compte de la variation de température tolérée dans la suspension
10 de culture en régime.

21. Echangeur de chaleur suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour faire barboter un fluide gazeux dans de l'eau et des moyens pour faire circuler cette eau dans les
15 canaux (3).

22. Echangeur de chaleur suivant la revendication 11, caractérisé en ce que les bandes métalliques (15 et 16) sont de même largeur que les nervures (2).

20 23. Echangeur de chaleur suivant la revendication 11, caractérisé en ce que les bandes métalliques (15 et 16) sont de largeur inférieure à celle des nervures (2).

24. Dispositif pour la mise en valeur des
25 calories contenues dans un fluide pour chauffer un milieu de culture ou d'élevage d'organismes aquatiques d'origine animale ou végétale, caractérisé par la mise en oeuvre d'au moins un échangeur de chaleur
suivant l'une quelconque des revendications 5 à 23.

30 25. Dispositif suivant la revendication 24, utilisé également pour la dépollution thermique des fluides de rejet d'industrie.

26. Echangeur de chaleur en particulier pour la culture ou l'élevage d'organismes aquatiques

d'origine animale ou végétale, en substance, tel
que décrit plus haut avec référence aux dessins
ci-annexés.

Bruxelles le

15 SEP. 1981

Ppon.: Madame Esther, Clotilde DUJARDIN
et Monsieur Robert, Albert G. DEVREUX

Ppon.: CABINET BEDE, R. van Schoonbeek

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'A. Kemler', with a long, sweeping horizontal flourish extending to the right.

Esther, Clotilde DUJARDIN
et
Robert Albert Ghislain DEVREUX

00000000

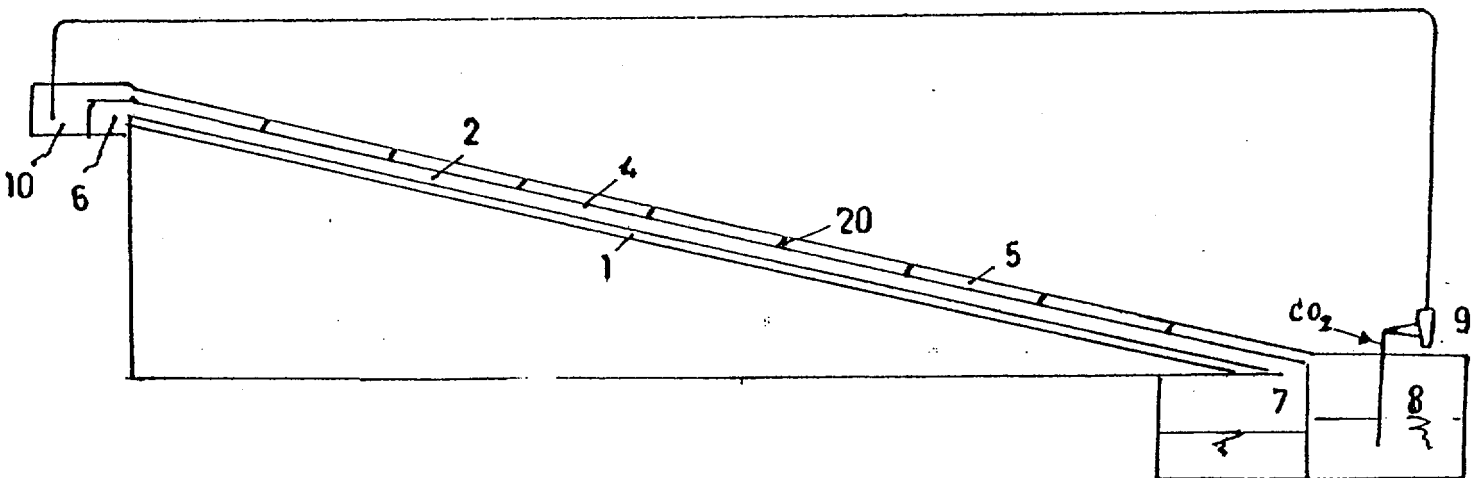


fig 1

les, le 15 septembre 1981
Esther, Clotilde DUJARDIN et
Robert Albert Ghislain DEVREUX
CABINET BEDE, R. van Schoonbeek

A. Bede

Esther, Clotilde DUJARDIN

et

Robert Albert Ghislain DEVREUX

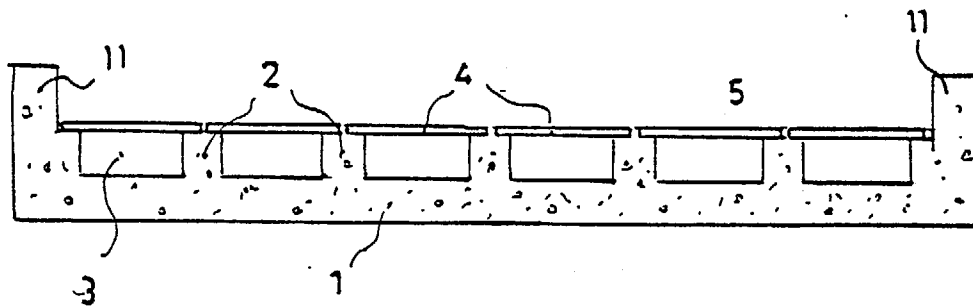


fig 2

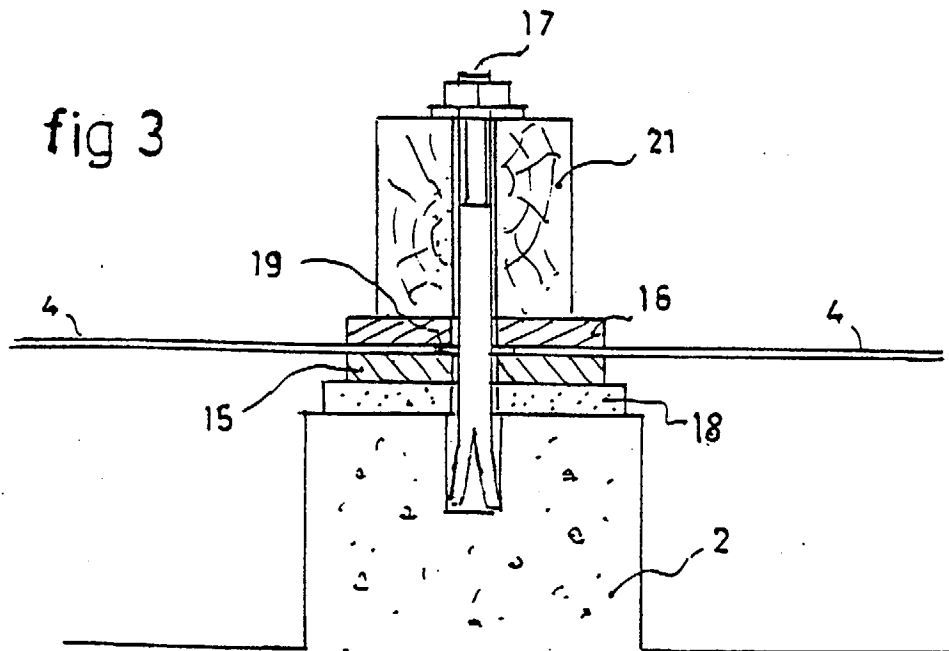


fig 3

Bruxelles, le 15 septembre 1981

P.Pon. Esther Clotilde DUJARDIN et

Robert Albert Ghislain DEVREUX

P.Pon. CABINET BEDE, R. van Schoonbeek