

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **87401228.9**

51 Int. Cl.<sup>4</sup>: **E 02 B 3/16**  
**E 04 B 1/66**

22 Date de dépôt: **02.06.87**

30 Priorité: **03.06.86 FR 8608086**

43 Date de publication de la demande:  
**09.12.87 Bulletin 87/50**

84 Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

71 Demandeur: **Ledeuil, Didier**  
**20, Le Clos de l'Alizé Avenue d'Haifa**  
**F-13008 MARSEILLE (FR)**

72 Inventeur: **Ledeuil, Didier**  
**20, Le Clos de l'Alizé Avenue d'Haifa**  
**F-13008 MARSEILLE (FR)**

74 Mandataire: **Rinuy, Santarelli**  
**14, avenue de la Grande Armée**  
**F-75017 Paris (FR)**

54 **Procédé pour rendre étanche à l'eau une structure hydraulique en béton compacte ou en remblais.**

57 On dispose sur la face de la structure (1) en contact avec l'eau une membrane imperméable (2) constituée de série d'écaillés (GEOSELLS (3)) en matière plastique emboîtées puis soudées entre elles bords à bords et ancrées dans la structure (1) par des ancrages verticaux (11), (13), autorisant un mouvement éventuel des GEOSELLS (3) par un tapis drainant (4), tout en favorisant le drainage et amorçant des microfissures (16) régulièrement réparties dans la structure (1). En surface externe (2), un revêtement granulaire (9) est posé à chaud.

Le procédé convient particulièrement pour assurer l'étanchéité de structure de remblais granulaires avec ou sans liant. En structures rigides, le liant peut être un ciment ou un dérivé pouvant aller jusqu'aux résines ("béton compacté"). En structures souples, le liant peut aller des résines aux textiles ("TEXSOL") ou avec des renforts par GEOGRILLES.

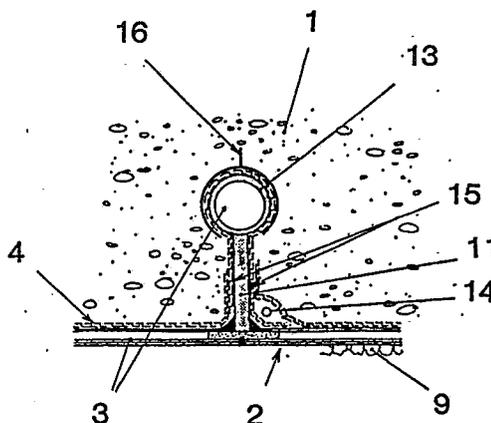


FIG. 4

## Description

### Procédé pour rendre étanche à l'eau une structure hydraulique en béton compacté ou en remblais

La présente invention concerne un procédé pour rendre étanche à l'eau une structure hydraulique en béton compacté ou en remblais à talus amont raide (genre mur à échelle).

Pour des raisons économiques, on a tendance actuellement à réaliser les ouvrages hydrauliques tels que des barrages au moyen de béton compacté (Roller compacted concrete). La réalisation de barrages en béton compacté fait l'objet de nombreuses publications et en particulier d'une communication de l'ACI Committee 207 publiée dans ACI Journal (1980, juillet-août, pp. 215-235).

Il apparaît toutefois que le corps de barrages en béton compacté peut présenter une perméabilité à l'eau excessive, surtout au niveau des reprises entre couches successives. Cette perméabilité peut entraîner, à la longue, une attaque du ciment constituant le béton, surtout en présence d'eau de nature agressive.

Afin de remédier à cet inconvénient, on a déjà proposé divers moyens pour rendre imperméable la face de tels ouvrages qui est en contact avec l'eau.

Ainsi, il a été proposé (Concrete International 1964, mai, p. 42, ENR 1983, 24 février, p. 35), de revêtir cette face d'éléments verticaux en béton préfabriqués et boulonnés dans le massif. Toutefois, l'efficacité de cette technique est limitée par la longévité des fixations. En plus, cette technique permet difficilement d'assurer une étanchéité des joints, en particulier des joints horizontaux.

Il a été également proposé (Highway & Heavy Construction, 1985, janvier, p. 39), de mettre en place sur cette face une couche de béton classique. Toutefois, ce béton est soumis à une fissuration qui est accrue par l'absence de joints de retrait. Compte tenu de son épaisseur réduite, ce parement est, de plus, soumis à une percolation à fort gradient qui est d'autant plus préjudiciable que l'eau retenue est agressive.

Il a encore été proposé (Concrete International 1983, mars, p. 21) de recouvrir cette face par une tôle d'acier inoxydable, mais une telle solution se révèle très onéreuse.

Enfin, il a été proposé d'assurer cette imperméabilisation par l'application sur cette face d'une membrane continue en caoutchouc butyle renforcé (ibid fig. 3). La réalisation, la pose et le maintien en place d'une telle membrane continue posent toutefois de sérieux problèmes et cette solution n'a dès lors été proposée qu'à titre indicatif.

Il a maintenant été mis au point un procédé économique pour rendre étanche à l'eau la face amont d'une telle structure par montage sur cette face d'une membrane en matière plastique imperméable.

La présente invention concerne dès lors un procédé pour rendre étanche à l'eau entre autres une structure hydraulique en béton compacté telle qu'un barrage dans lequel on dispose sur la face de la structure en contact avec l'eau, une membrane imperméable qui se caractérise en ce qu'on réalise

ladite membrane par des séries étagées d'écailles en matière plastique, soudées entre elles bords à bords, et ancrées dans la structure par des ancrages verticaux autorisant un mouvement éventuel des écailles et amorçant des microfissures régulières réparties dans la structure. On utilisera dans la présente description le mot "GEOSELLS" pour désigner un ensemble de matériaux ouvragés et assemblés, le mot "écaille" étant réservé à la seule face amont.

Dans un mode de réalisation préférentiel du procédé conforme à l'invention, les soudures bords à bords des écailles peuvent être avantageusement complétées par des couvre-joints épais, soudés et disposés du côté de la structure.

Les GEOSELLS en matière plastique peuvent être de forme géométrique quelconque, la forme rectangulaire étant préférée. Pour des raisons pratiques de réalisation, de manutention et de mise en place, on préfère généralement que ces écailles, de forme rectangulaire, présentent une épaisseur de 1 à 50 mm, de préférence de 2 à 30 mm, une largeur de 2 à 8 m, de préférence de 2 à 4 m, et une hauteur de 1 à 6 m, de préférence de 1 à 2 m.

Les GEOSELLS peuvent être réalisées à partir de toute matière plastique imperméable à l'eau. On préfère toutefois réaliser celles-ci à partir de résines à base de chlorure de vinyle et de polyoléfines. Par résines à base de chlorure de vinyle, on entend les polymères et copolymères contenant au moins 50 % en poids d'unités monomériques dérivées du chlorure de vinyle, le polychlorure de vinyle étant préféré. Par polyoléfines, on entend les polymères et copolymères contenant au moins 50 % en poids d'unités monomériques dérivées d'une oléfine contenant de 2 à 8 atomes de carbone dans sa molécule, le polyéthylène de haute densité étant préféré. Il est bien entendu que le matériau constitutif des GEOSELLS peut contenir des additifs habituels tels que des stabilisants et notamment des agents anti-UV et des agents renforçants.

Dans le procédé selon l'invention, il se révèle avantageux d'assurer un drainage derrière la membrane imperméable constituée par les écailles en matière plastique. Ce drainage fait partie des GEOSELLS.

Ce drainage peut être assuré par des collecteurs verticaux disposés le long de la structure à proximité de la membrane et espacés entre eux, par exemple, de 1 à 2 m. Ces collecteurs peuvent avantageusement être réalisés ainsi qu'il sera expliqué plus loin, lors de l'ancrage vertical des écailles. De préférence, chaque collecteur ressort individuellement dans la galerie de collecte, ce qui permet de situer de façon précise toute zone éventuelle défectueuse.

Selon un mode de réalisation qui est préféré, ce drainage est également assuré en interposant un géotextile entre la structure et la membrane. Avantageusement, ce géotextile enrobe les ancrages verticaux des écailles qui seront décrits

ultérieurement, il est compris dans l'expression "GEOSELL".

Le géotextile assure trois fonctions avantageuses :

- désolidarisation entre la membrane et la structure dans le sens vertical ;
- récupération des eaux ou des gaz et transit vers les collecteurs ;
- absorption élastique des chocs éventuels sur les écailles.

De préférence, le géotextile est fixé localement sur la membrane pendant la mise en oeuvre ; il désolidarise les écailles et les ancrages, après remblaiement, de la masse à étancher, et il permet la sauvegarde des drains lors de l'injection éventuelle par un usage en double épaisseur.

L'ancrage vertical des écailles est réalisé de façon à laisser à la membrane imperméable une possibilité de déplacement vertical et à induire des microfissures dans la région superficielle de la structure afin d'éviter la nécessité de prévoir des joints de dilatation par sciage dans la structure de béton compacté.

Selon un mode de réalisation qui est préféré, l'ancrage vertical des écailles est réalisé à des intervalles, par exemple, de 1 à 2 m et de façon à assurer, en même temps, la formation de collecteurs verticaux de drainage.

A cet effet, et selon un premier mode de réalisation avantageux, l'ancrage vertical est assuré au moyen de plaques soudées orthogonalement et verticalement sur la face des écailles en regard de la structure, lesdites plaques étant insérées dans la structure, une canalisation de drainage étant prévue au niveau des plaques (tube plastique coupé en deux longitudinalement et fixé à la plaque, profilé cylindrique perforé soudé à la plaque, etc...). Les plaques s'étendent sur toute la hauteur des écailles et les ancrages verticaux des écailles superposées sont réalisés de façon telle que les canalisations constituent des collecteurs verticaux de drainage continus. Ce mode de réalisation présente en outre l'avantage de favoriser l'amorçage de la microfissuration souhaitée de façon uniformément répartie.

Les profilés tubulaires peuvent avantageusement être équipés d'un profilé à bord tranchant sur leur génératrice opposée aux bandes orthogonales de façon à favoriser la microfissuration, cette lame entrant également dans la dénomination "GEOSELL".

En outre, il est avantageux de prévoir, au niveau des plaques, un tube permettant l'injection d'une zone présentant des défauts. La largeur des plaques est généralement de 100 à 500 mm et, de préférence, de 200 à 400 mm.

Les éléments constitutifs des ancrages verticaux sont, de préférence, réalisés en un matériau identique à celui constituant les écailles, de façon à favoriser leur mise en place préalable sur les écailles, par exemple par soudage.

Le géotextile interposé entre les écailles et la structure doit entourer les ancrages verticaux et ce, selon une épaisseur et un système (complexe géotextile) identique afin d'éviter, à la compression due à l'eau amont ou aux chocs, tout risque de

concentration de contraintes.

Les écailles constituant la membrane sont, de préférence, également maintenues en place par des ancrages horizontaux constitués par au moins une patte soudée horizontalement en regard de la structure et faisant partie intégrante de la GEOSELL, ladite patte étant scellée dans la structure travaillant en cisaillement de façon à reprendre le poids des GEOSELLS. En général, on dispose les pattes à l'abri du tube d'ancrage, celles-ci pouvant alors servir de renfort de rigidité à la GEOSELL.

La face des GEOSELLS en contact avec l'eau peut avantageusement être protégée par une couche de béton de résine (de 30 à 60 mm d'épaisseur) de façon notamment à renforcer leur résistance aux chocs pouvant être, par exemple, occasionnés par des corps flottants. Selon un procédé avantageux et lorsque la matière constitutive le permet (par exemple avec du polyéthylène haute densité), on pose à chaud (suivi d'un refroidissement) des cailloux ou des carrelages ou même du bois, ce qui favorise la fusion locale du support, d'où une incorporation partielle. Une telle protection intégrée fait partie de la GEOSELL et la complète en valeur esthétique ainsi qu'en protection contre les rayons ultraviolets (U.V.).

Lors de la réalisation de la membrane conformément au procédé conforme à l'invention, les GEOSELLS sont mises en place au fur et à mesure de la montée en strates de la structure et peuvent avantageusement servir de coffrage perdu. De préférence, les GEOSELLS sont disposées comme supports type coffrage grim pant, ancrés dans la structure au travers des GEOSELLS inférieures déjà en place, avec l'aide d'outils à expansion appelés ici "GEOTOOLS". Ces outils, selon ce procédé avantageux, n'existent pas sur le marché. Ils sont du type à expansion et pénètrent dans chaque tube des GEOSELLS, favorisant un blocage puis un centrage et enfin permettent le réglage de la mise en place de la nouvelle GEOSELL créant ainsi la structure étanche faisant l'objet de la présente invention.

Pour permettre la mise en place en continu des écailles et du remblai en béton compacté, il est possible soit de remblayer par zones en terminant les couches en sifflet, soit de remblayer en continu mais avec une légère pente. Les reprises entre couches ne sont plus un réel problème dès lors que le masque amont est étanche et qu'il possède une immense capacité drainante associée. Il s'agit là d'un avantage puissant associé à ce nouveau procédé. Les reprises auront donc plus un caractère mécanique (décrochements possibles et aléatoires) qu'un caractère de continuité par ailleurs imposé habituellement comme l'est aussi l'étanchéité. Le procédé conforme à l'invention est en outre illustré par les figures des dessins annexés données purement à titre illustratif et dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue partielle, en perspective, d'une structure en béton compacté équipée d'une membrane imperméable obtenue conformément au procédé selon l'invention, assemblage en multiplaques par haute fréquence ou par induction, avec incorporation

de grillage métallique ou PVC, ou par tout autre procédé de soudure ou même de collage suivant les matériaux constitutifs ;

- la figure 2 est une vue agrandie de la partie A de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue agrandie de la partie B de la figure 1 ;
- la figure 4 est une vue d'ensemble de réalisation pour la partie B de la figure 1 ;
- la figure 5 est une vue de principe de l'outil "GEOTOOL" comportant une coupe horizontale du système came-expansion ;
- la figure 6 est un exemple d'application de la structure permettant de voir la mise en place selon un procédé différent en radier et applicable en galeries ou ailleurs (murs de soutènement ou de constructions...).

Ainsi qu'il apparaît sur la figure 1, la structure 1 en béton compacté est revêtue sur sa face en contact avec l'eau d'une membrane imperméable 2 constituée par des séries de GEOSELLS en matière plastique avec interposition d'un géotextile 4. Ainsi qu'il apparaît plus particulièrement à la figure 2, les GEOSELLS sont fixées entre elles par des soudures en continuité 5 sur des couvre-joints épais 6, soudés en atelier soit par pointe chauffante pénétrante 7, soit par soudure haute fréquence chauffant une inclusion métallique ou en PVC 8.

Toujours sur la figure 2, on peut voir des inclusions de cailloux 9. L'ancrage horizontal des GEOSELLS est réalisé par les pattes raidisseuses 10 placées en tête des joues 11 équipées des trous d'ancrage 12 et solidarissant le tube 13 avec de la membrane 2.

Un tube à manchette pour injections éventuelles peut être placé en 14 et bénéficier d'un collage protecteur en double épaisseur 15 du complexe géotextile 4. Selon un mode de réalisation illustré par les figures 1 et 4, l'ancrage vertical des GEOSELLS 3 est assuré par des profilés tubulaires 13 assurant le drainage et fixés verticalement sur les écailles 2 par des bandes 11 orthogonales aux écailles 2. Les fixations entre les écailles 2, les bandes 11 et les profilés tubulaires 13 sont assurées par soudage. Les profilés tubulaires 13 et les bandes 11 sont insérées dans la structure 1 lors de sa mise en place. Le géotextile 4 entoure complètement les ancrages verticaux de façon à assurer une désolidarisation partielle entre la structure 1 et la membrane constituée par les écailles 2. Des profilés à bord tranchant 16 sont fixés par clipsage sur les extrémités des ancrages verticaux entourés par le géotextile 4. Lors de la mise en place des GEOSELLS successives, il convient également d'assurer l'alignement des profilés tubulaires 13 entre les GEOSELLS superposées de façon à constituer des collecteurs de drainage verticaux.

L'alignement des profilés tubulaires 13 est réalisé en même temps que la mise en place des GEOSELLS successives puisque l'outil GEOTOOL 20 illustré en figure 5 permet le centrage de continuité en même temps que le blocage en partie basse déjà en place. Ces actions sont réalisées à partir du corps tubulaire 17 et du patin à expansion 18 permettant le centrage à la reprise et s'ancrant de

l'ordre de 1 m à l'intérieur de la structure 1 en place. L'expansion est réalisée par demi-tour d'un axe portant deux cames 19, un système ressort de rappel 23 permet de sortir l'outil après stabilisation du remblai rendant prisonnière la GEOSELL. Des fentes de drainage 21 sont réalisées par sciage et ont une capacité calculée en fonction des immenses capacités du tube 13. En partie haute du GEOTOOL 20, un système de deux vis 22 permet le réglage de la nouvelle GEOSELL mise en place. Les trous 12 laissés dans les joues 11 permettent, outre les manutentions ou les accrochages divers, de réaliser à l'aide de tubes plastiques des ancrages faciles pour des grilles dénommées "GEOGRILLES", en cas d'utilisation de remblais renforcés par GEOGRILLES. L'usage de GEOGRILLES pour tout remblai peut être imposé en surface afin d'éviter toute amorce de fissuration.

Selon la figure 6, il est avantageux de réduire l'emprise d'une structure en raidissant les talus tout en laissant la liberté à la structure étanche. Il est de même avantageux d'utiliser sur les fondations souples un remblai souple ("TEXSOL" ou autre remblai renforcé par des GEOGRILLES) en utilisant un tube d'ancrage et les trous situés dans les joues 11 au lieu de, ou avec une structure en béton compacté.

On citera d'autres exemples spécifiques d'utilisation du procédé selon l'invention, et qui sont nombreux, tels que :

- cuvelage de patinoire (avec drainage des gaz) ;
- revêtement interne de galeries (drainage, continuité d'étanchéité, strickler avantageux, élasticité permettant la conservation de l'étanchéité en mauvais terrains surtout...) ;
- confection de murs anti-sismiques, pour maisons ou immeubles, en continuité soudée et avec remplissage léger (polyuréthane expansé ou béton léger ...) ;
- murs de soutènement (aspect habillé et drainage) ;
- construction de piscines avec habillage carrelé posé en usine à chaud sur les GEOSELLS (intégré aux GEOSELLS) ;
- remise en état de parements amont de barrages.

## Revendications

1. Procédé pour rendre étanche à l'eau une structure hydraulique en béton compacté telle qu'un barrage dans lequel on dispose sur la face de la structure en contact avec l'eau, une membrane imperméable, caractérisé en ce qu'on réalise ladite membrane (2) par des séries étagées d'ensembles de matériaux ouvragés et assemblés, en matière plastique épaisse présentant des écailles (3) emboîtés ensemble puis soudés en continuité et ancrés dans la structure (1) par des ancrages verticaux (11) et (13), disjoints de (1) par un complexe géotextile (4), autorisant un mouvement éventuel des écailles (3) et amorçant des microfissures régulièrement réparties dans la structure (1).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite matière plastique présente une épaisseur de 1 à 50 mm, de préférence 2 à 30 mm.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les ensembles à écailles (3), après emboîtement de continuité, sont soudés entre eux sur la face interne du côté de la structure (1), sur un support épais. 5

4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les ensembles à écailles (3) sont réalisés à partir d'une polyoléfine de grande résistance élastique ou tout autre produit similaire résistant à la fatigue, et que les soudages (5) ou (7) peuvent être obtenus par haute fréquence chauffant une inclusion métallique ou en PVC (8). 10

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on interpose un complexe épais, continu et drainant comprenant un géotextile (4), désolidarisant la membrane (2) de la structure (1). 15

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on assure en outre un ancrage horizontal de la membrane (2) par au moins une patte (10) soudée horizontalement sur le haut des joues (11) de chaque ensemble à écailles (3), ladite patte (10) scellée dans la structure (1) travaillant en cisaillement relatif. 20

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on assure l'ancrage vertical de la membrane (2) au moyen de profilés tubulaires (13) assurant le drainage et fixés verticalement sur la face des ensembles à écailles (3) en regard de la structure (1) par une bande orthogonale (11). 25

8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on assure l'ancrage vertical de la membrane (2) par l'intermédiaire d'outils (20) garantissant par leur système à expansion le blocage, le centrage et le réglage des ensembles à écailles (3) à mettre en place à chaque niveau. 30

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on prévoit également au niveau des plaques (11), un tube (14) permettant l'injection d'une zone présentant des défauts, le tube de drainage (13) étant protégé de l'injection par un géotextile collé sur (11). 35

10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on place un profilé (16) présentant un bord tranchant sur le profilé tubulaire (13) revêtu de géotextile. 40

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'on applique une couche d'un béton de résine ou un autre revêtement tel des cailloux à chaud (9) ou éventuellement carrelages ou même bois sur la face de la membrane (2) en contact avec l'eau. 45

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les ensembles à écailles (3) sont mis en place par strates au fur et à mesure de la montée de la 50

structure (1) et sont exploités en tant que coffrage perdu, avec utilisation d'outils (20).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la structure (1) peut être un remblai rigidifié par un liant autre que le ciment ou ses dérivés (béton compacté) tel que des résines ou même des textiles créant une structure mieux adaptable à des fondations souples, ledit remblai pouvant aussi être renforcé par des grilles. 55

14. Procédé selon les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'ancrage décrit en revendications 6 ou 7 peut être remplacé en radier, en mur ou en structure galerie par un tube drainant en continuité sans usage d'outils (20) et avec des dispositions horizontales ou même courbes. 60

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que les soudures de continuité (5) peuvent être réalisées à l'extérieur de la structure (2), c'est-à-dire côté eau, toujours sur support (6) épais avec lissage à froid en surface. 65

0248725

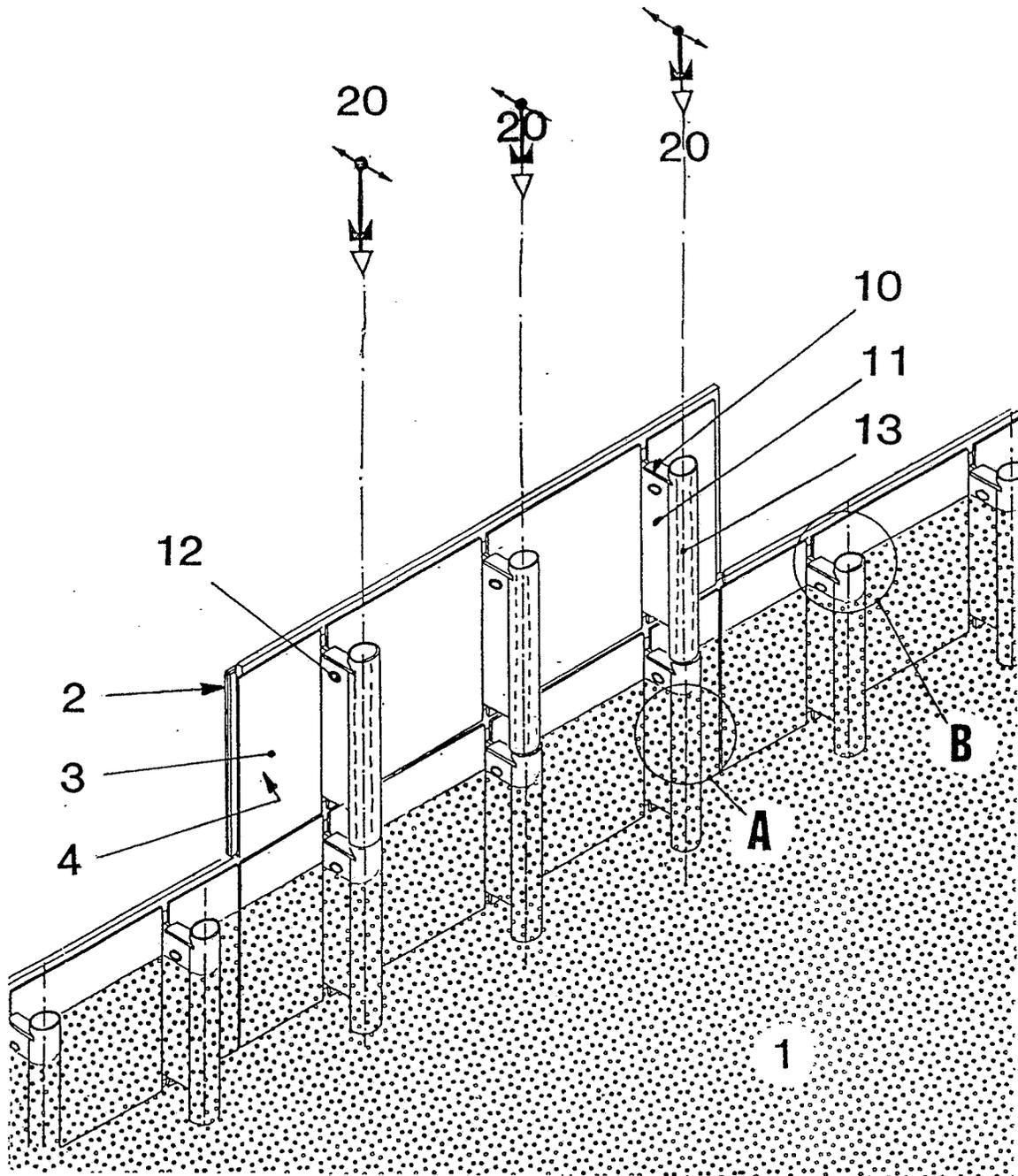


FIG.1

0248725

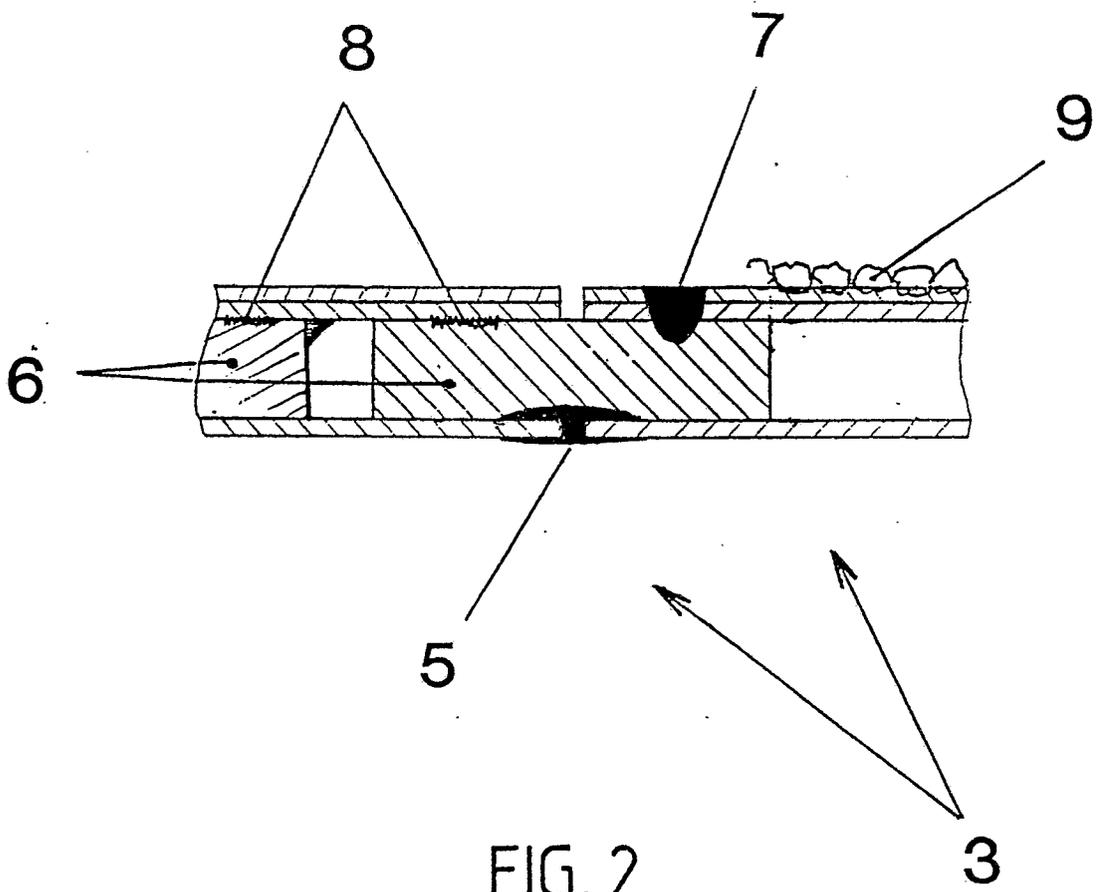
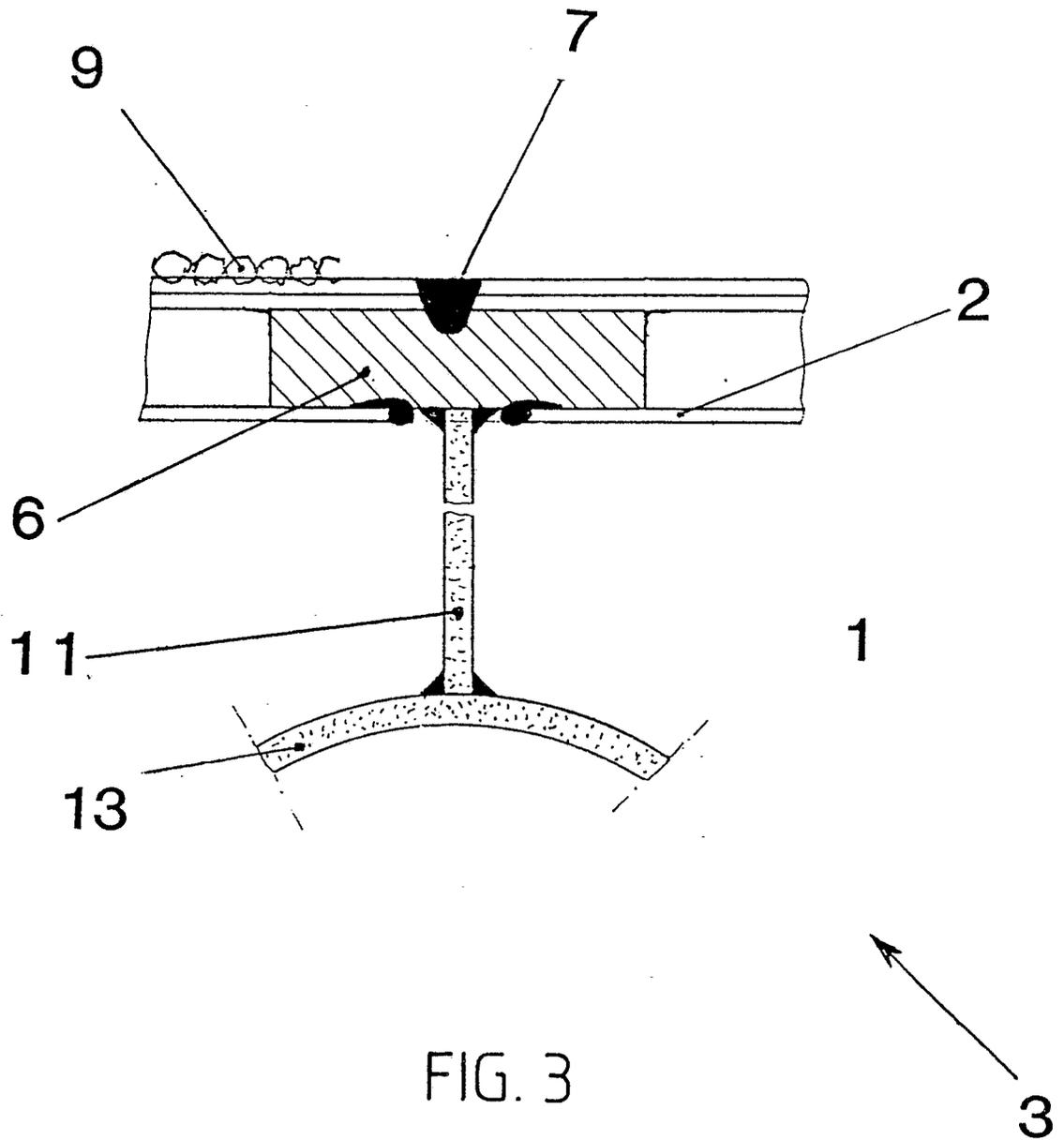


FIG. 2

0248725



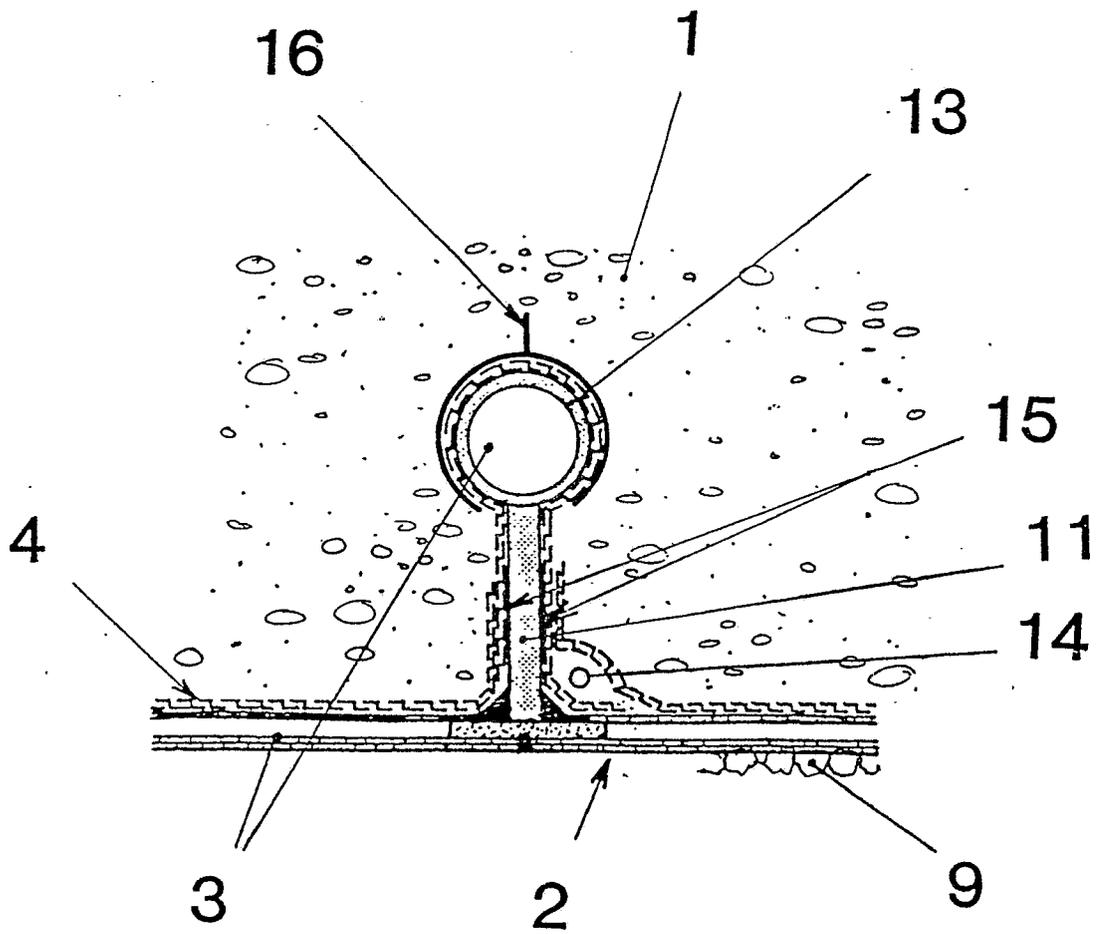


FIG.4

0248725

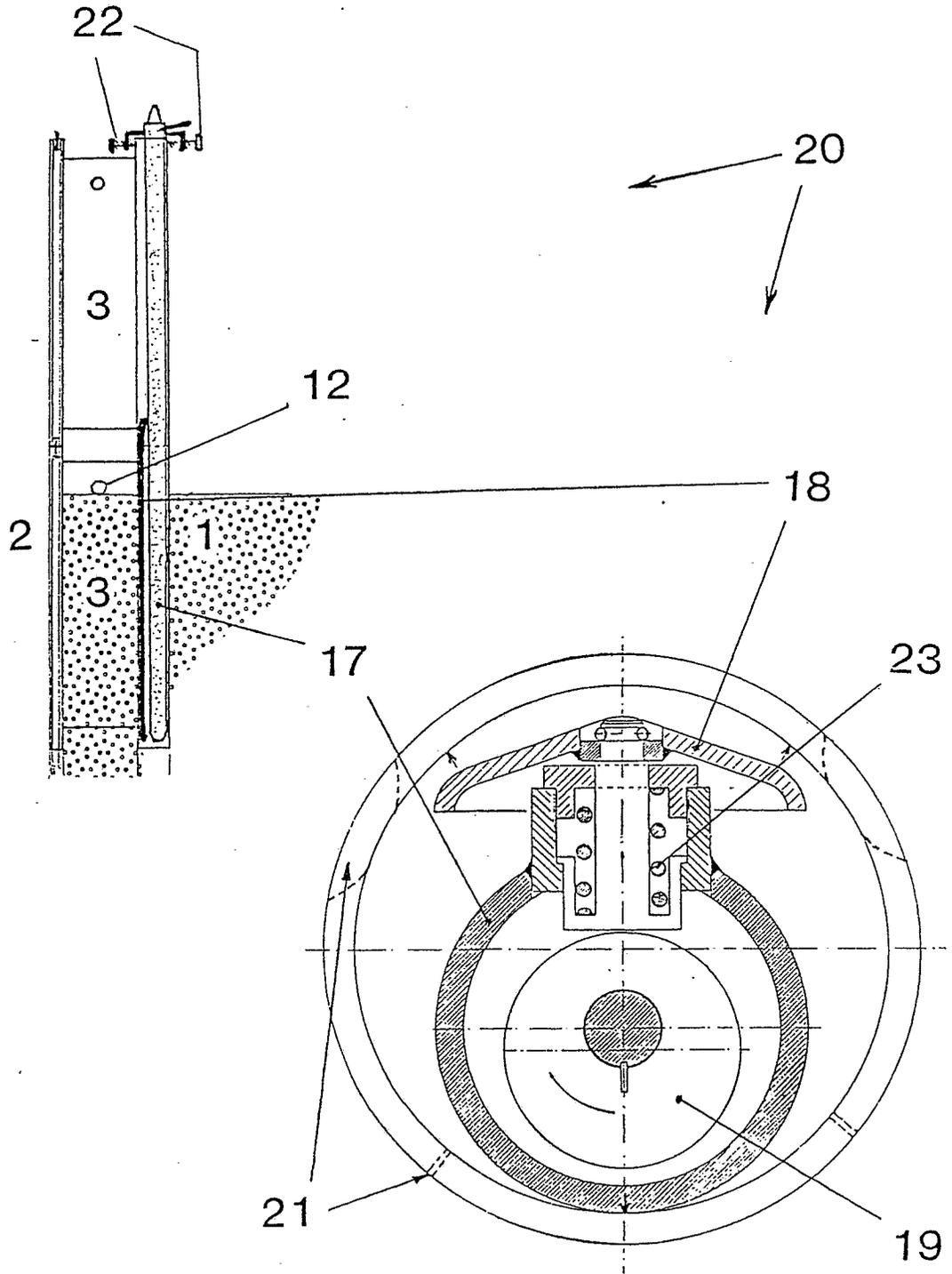


FIG. 5

0248725

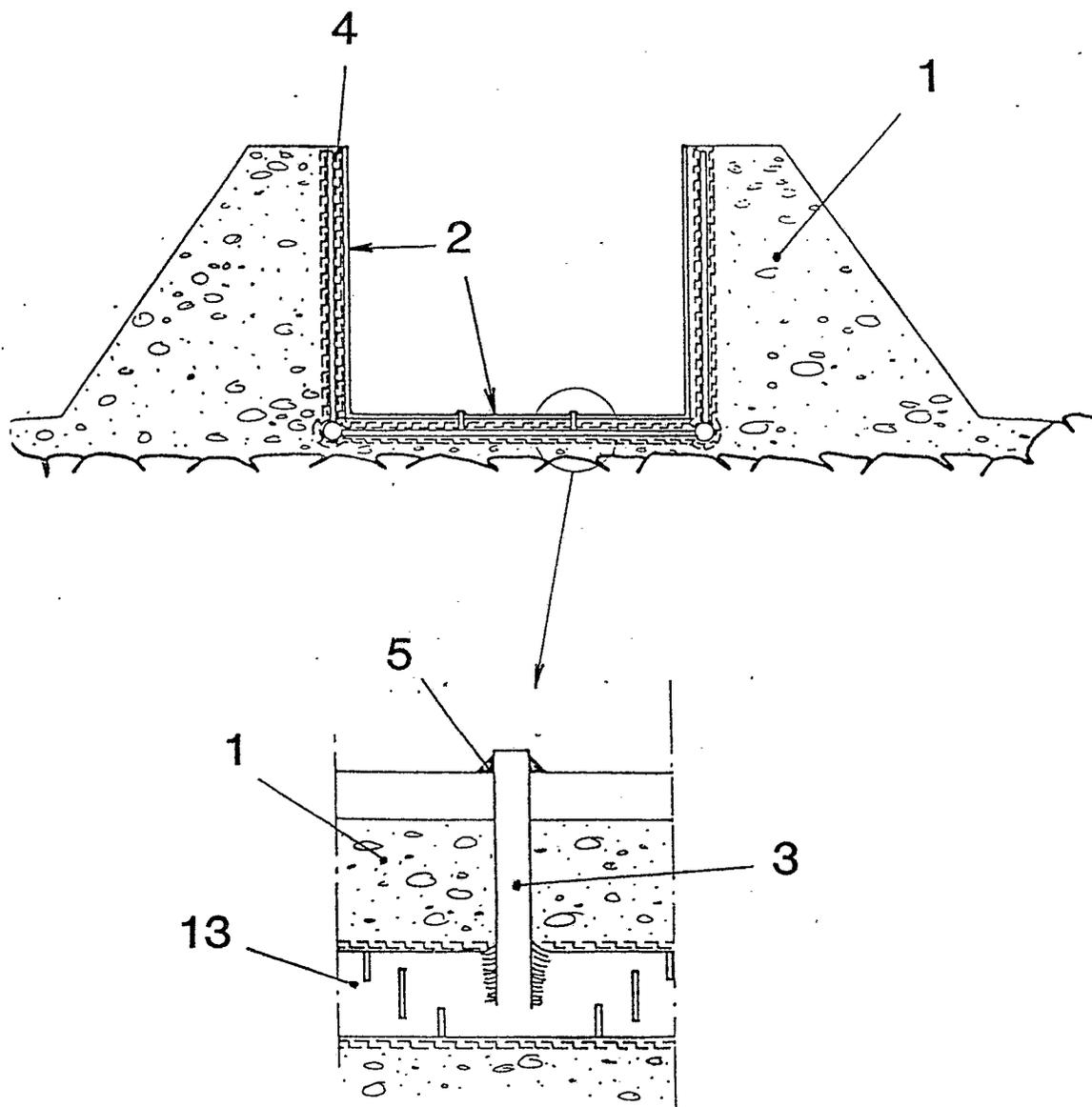


FIG. 6



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
X	DE-A-2 221 716 (DYNAMIT NOBEL) * Page 6; revendication 1; figures 1-5 *	1	E 02 B 3/16 E 04 B 1/66
A	---	2-5	
A	DE-A-2 557 292 (DYNAMIT NOBEL) * En entier *	2,3	
A	DE-A-2 049 240 (LESCHUS) * Revendications; figures 1,2 *	1	
A	DE-A-2 808 304 (VALLANT)		
A	DE-A-2 734 514 (WAYSS)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)  E 02 B E 04 B E 02 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10-09-1987	Examineur HANNAART J.P.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			