

⑬



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Numéro de publication:

0 167 610
B1

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④5

Date de publication du fascicule du brevet:
28.12.88

⑤①

Int. Cl.: **E 21 B 47/06, E 21 B 33/124**

②①

Numéro de dépôt: 85900677.7

②②

Date de dépôt: 04.01.85

⑥6

Numéro de dépôt international:
PCT/FR 85/00002

⑧⑦

Numéro de publication internationale:
WO 85/03105 (18.07.85 Gazette 85/16)

E R R A T U M

(SEITE, SPALTE, ZEILE)
(PAGE, COLUMN, LINE)
(PAGE, COLONNE, LIGNE)

DIE TEXTSTELLE :
TEXT PUBLISHED :
LE PASSAGE SUIVANT :

LAUTET BERICHTIGT:
SHOULD READ :
DEVRAIT ETRE LU :

le diamètre du trou de

6

9

18

le diamètre extérieur de ces bagues
de mesure étant inférieur au dia-
mètre du trou de

selon la revendicaïton 2,

6

9

51

selon la revendication 2,

9. Applicaiton d'un

6

10

38

9. Application d'un

Tag der Entscheidung)
über die Berichtigung)
Date of decision on)
rectification:) 15.02.89
Date de décision portant)

Ausgabe- und Ver-)
öffentlichungstag:)
Issue and publication)
date:) 05.04.89
Date d'édition et de)
publication:)

Patbl.Nr3

EPB no:) 89/14

Bull. no:)

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

**0 167 610
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45)

Date de publication du fascicule du brevet:
28.12.88

(51)

Int. Cl.⁴: **E 21 B 47/06, E 21 B 33/124**

(21)

Numéro de dépôt: **85900677.7**

(22)

Date de dépôt: **04.01.85**

(86)

Numéro de dépôt international:
PCT/FR 85/00002

(87)

Numéro de publication internationale:
WO 85/03105 (18.07.85 Gazette 85/16)

(54)

PIEZOMETRE MULTIPLE ET APPLICATION D'UN TEL PIEZOMETRE.

(30)

Priorité: **04.01.84 FR 8400067**

(73)

Titulaire: **Louis, Claude, 40 Bis, Avenue Bosquet,
F-75007 Paris (FR)**

(43)

Date de publication de la demande:
15.01.86 Bulletin 86/3

(72)

Inventeur: **Louis, Claude, 40 Bis, Avenue Bosquet,
F-75007 Paris (FR)**

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
28.12.88 Bulletin 88/52

(74)

Mandataire: **Michardière, Bernard et al, C/O CABINET
PEUSCET 68, rue d'Hauteville, F-75010 Paris (FR)**

(84)

Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB LI NL SE

(56)

Documents cités:
**US-A- 3 115 775
US-A- 3 194 312
US-A- 3 196 949
US-A- 3 592 056
US-A- 3 800 870
US-A- 4 258 788
US-A- 4 345 648****EP 0 167 610 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention est relative à un piézomètre multiple destiné à être introduit dans un trou de forage, du genre de ceux qui comprennent des bagues de mesure rigides destinées à être placées à des distances prédéterminées suivant la direction axiale du trou, le diamètre extérieur de ces bagues de mesure étant inférieur au diamètre du trou de forage, et des moyens d'étanchéité gonflables liés aux bagues de mesure, propres à être appliqués contre la paroi du trou de forage et à déterminer, en combinaison avec les bagues, plusieurs zones annulaires de mesure au niveau desdites bagues, ces zones de mesure étant limitées dans le sens radial extérieur par la paroi du trou de forage, ces zones étant en outre isolées du volume intérieur du trou et séparées les unes des autres.

US-A 4 258 788 concerne un tubage pour trous de forage permettant de créer plusieurs zones séparées les unes des autres à l'aide de manchons gonflables. Des soupapes anti-retour sont prévues dans un tube, au niveau des manchons, pour permettre d'injecter dans l'espace compris entre le tube et le manchon un produit gonflant et durcissant, à l'aide d'une tige spéciale. Cette tige est munie, à son extrémité inférieure de deux garnitures d'étanchéité, écartées axialement, qui déterminent un espace pour l'injection qui doit être positionné au droit d'une soupape anti-retour pour assurer le gonflage du manchon correspondant. Chaque zone de mesure est équipée également d'une soupape qui peut être ouverte à l'aide d'une pression envoyée de l'intérieur du tube, notamment en vue d'une mesure piézométrique. Le tube complet est obtenu en assemblant plusieurs unités composées chacune d'un manchon avec tube et d'un élément de jonction.

Un tel système est d'une construction et d'une mise en oeuvre relativement compliquées. De nombreux assemblages entre les diverses unités peuvent être cause de pertes d'étanchéité. Le gonflage des différents manchons est relativement long à réaliser car il nécessite des opérations successives. Les mesures, notamment piézométrique, à différents niveaux, sont également longues à effectuer.

On connaît, par ailleurs, un piézomètre multiple tel que celui décrit, notamment, pages 11 à 13 de l'ouvrage «Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols», par M. Cassan - Editions Eyrolles, Paris, 1980. Pratiquement, un tel piézomètre multiple nécessite l'emploi de plusieurs tubes de longueurs différentes, introduits dans un trou de forage d'un diamètre beaucoup plus grand que dans le cas d'un piézomètre simple; il faut en outre réaliser, dans le trou de forage, des bouchons d'étanchéité pour séparer les extrémités des tubes du piézomètre. La réalisation et la manipulation de tels piézomètres multiples sont délicates et le nombre de points de mesure ne peut, en raison des difficultés pratiques de mise en oeuvre et des risques d'intercommunication, dépasser trois ou quatre par forage.

L'invention a pour but, surtout, de fournir un piézomètre multiple qui permet de déterminer, simultanément, la pression de l'eau dans le sol, à différentes profondeurs (avec, à titre indicatif, cinq voire dix points de mesure), et qui ne présente plus, ou à un degré moindre, les inconvénients rappelés ci-dessus; en particulier, l'invention a pour objet de fournir un piézomètre multiple qui soit d'une construction simple et robuste, et d'une mise en oeuvre rapide et sûre, en évitant au maximum des intercommunications entre les zones de mesure.

Selon l'invention, un piézomètre multiple destiné à être introduit dans un trou de forage, du genre défini précédemment, est caractérisé par le fait que les moyens d'étanchéité comprennent une membrane souple, notamment caoutchoutée, s'étendant suivant toute la longueur du piézomètre, que les bagues de mesures sont montées autour de la membrane, que des moyens de mesure sont prévus pour mesurer la pression dans lesdites zones annulaires, et sont reliés à la surface par des canalisations ou analogues et que des moyens d'amenée d'un fluide sous pression sont reliés aux moyens d'étanchéité pour assurer le gonflage de ces derniers.

Ce nouveau piézomètre multiple est conçu pour être fabriqué en usine, avec tests préalables en laboratoire avant l'installation in situ et n'est donc pas réalisé ou assemblé sur le terrain. Sa conception et les matériaux utilisés sont, de ce fait, tout-à-fait différents.

La continuité de la membrane simplifie la fabrication et réduit les problèmes d'étanchéité.

Le piézomètre peut comporter un tube équipé sur sa paroi extérieure, des moyens d'étanchéité gonflables qui entourent le tube, lesdites zones annulaires de mesure étant isolées du volume intérieur du tube, les susdites canalisations traversant de manière étanche la paroi extérieure du piézomètre et s'étendant à l'intérieur jusqu'à l'extrémité de celui-ci destinée à se trouver en surface.

Les moyens d'amenée du fluide sous pression peuvent comprendre des ouvertures de passage prévues dans la paroi du tube et communiquant avec des chambres définies par les moyens d'étanchéité, le gonflage de ces moyens d'étanchéité pouvant être obtenu en envoyant dans le tube, du fluide (notamment air, gaz, eau...) sous pression, ou encore un coulis de scellement à prise ultérieure.

Les bagues de mesure sont avantageusement équipées d'un capteur de pression, ce capteur étant relié en surface par une canalisation telle qu'un conducteur électrique ou un conduit, traversant, de manière étanche, la membrane, et/ou la paroi du tube.

Des moyens de fixation ou de blocage sont prévus sur la surface extérieure de la membrane, comme par exemple, des bourrelets, notamment collés ou vulcanisés, de part et d'autre des bagues, suivant la direction axiale, pour assurer le maintien en position de ces bagues.

Lesdites bagues peuvent être entourées, exté-

rieurement, d'une enveloppe filtre, par exemple en matière non tissée, anticontaminante, notamment en géotextile propre à laisser passer l'eau, tout en arrêtant les particules solides, notamment l'argile.

De préférence, la membrane extérieure gonflable entoure le tube suivant toute sa longueur.

Le tube peut être équipé, à son extrémité destinée à être introduite la première dans le trou de forage, d'un sabot, l'autre extrémité du tube destinée à se trouver en surface étant équipée d'un bouchon traversé, notamment, par les canalisations ou conduits de liaison des moyens de mesure, ainsi que par une canalisation d'amenée de fluide sous pression, pour le gonflage des moyens d'étanchéité, et, si nécessaire, un tube évent.

Le tube est avantageusement en une matière semi-rigide, notamment en matière plastique semi-rigide, et peut être enroulé.

Un tel piézomètre peut être implanté à demeure dans le sol, en vue de mesures fréquentes ou permanentes de pressions hydrauliques dans le sol; pour une telle application, le gonflage des moyens d'étanchéité est avantageusement assuré à l'aide d'un coulis de ciment ou d'une matière analogue faisant prise.

L'invention consiste, mises à part les dispositions exposées ci-dessus, en certaines autres dispositions dont il sera plus explicitement question ci-après, à propos d'un mode de réalisation particulier décrit avec référence aux dessins ci-joints, mais qui n'est nullement limitatif.

La figure 1, de ces dessins, est une coupe axiale d'un trou de forage équipé d'un piézomètre multiple selon l'invention;

La figure 2 représente, à plus grande échelle, la zone de l'extrémité du piézomètre destinée à se trouver en surface, et située, par exemple, à l'extrémité supérieure du trou de forage;

La figure 3 représente la zone de l'extrémité inférieure du piézomètre, située au fond du trou de forage;

La figure 4 représente, à plus grande échelle, et en coupe longitudinale, une partie du piézomètre au niveau d'une zone de mesure;

La figure 5, enfin, est un schéma illustrant une mise en oeuvre d'un piézomètre en galerie selon l'invention.

En se reportant aux dessins, et plus particulièrement à la figure 1, on peut voir un piézomètre multiple 1 comprenant un tube 2 introduit dans un trou de forage 3 qui traverse plusieurs couches géologiques N1, N2, N3... Nn dont on souhaite étudier la charge ou pression hydraulique, ces couches étant séparées les unes des autres et de la surface du sol, par d'autres couches telles que C1, C2... Sur la figure 1, l'axe du trou de forage 3 a été dessiné vertical descendant, mais il est clair que l'orientation de l'axe du trou de forage peut être différente, comme représenté d'ailleurs sur la figure 5.

Le tube 2 est équipé, sur sa paroi extérieure, de

moyens d'étanchéité gonflables E entourant le tube, propres à être appliqués contre la paroi du trou de forage et à déterminer plusieurs zones annulaires de mesure m1, m2, m3... mn réparties suivant la longueur du tube, de manière à se trouver au niveau des couches N1, N2... que l'on veut étudier.

Les zones de mesure m1, m2... mn sont limitées dans le sens radial extérieur par la paroi 4 du trou de forage; ces zones de mesure sont en outre isolées du volume intérieur 5 (voir plus particulièrement figure 4) du tube et sont séparées les unes des autres.

Les moyens d'étanchéité E comprennent avantageusement une membrane souple 6, caoutchoutée (ou une membrane équivalente) entourant le tube, de préférence sur toute sa longueur, à la manière d'un manchon. La membrane 6 est maintenue, à ses deux extrémités longitudinales, respectivement 7 et 8 (figure 1) sur le tube 2 de manière étanche. Lesdites extrémités 7, 8 peuvent être, par exemple, collées sur le tube ou serrées sur ce dernier par des colliers ou bagues appropriés.

Des bagues de mesure b1, b2... sont montées autour de la membrane 6 et disposées, suivant l'axe du tube 2, à des distances prédéterminées correspondant aux zones de mesure m1, m2... mn. Les bagues de mesure b1, b2... peuvent être enfilées autour de la membrane 6, à l'état non gonflé, et amenées à leurs emplacements par coulissement, suivant la direction de l'axe du tube 2.

Les bagues de mesure b1, b2... peuvent être maintenues en place par des bourrelets 9, 10 (figure 4) entourant la membrane 6 et fixés sur cette dernière, notamment par collage ou vulcanisation. Ces bourrelets sont prévus à chaque extrémité axiale des bagues. Selon une autre possibilité, les bagues b1, b2... pourraient être fixées directement sur la membrane par collage ou autre liaison.

Ces bagues b1, b2... sont, de préférence, métalliques et peuvent comporter, dans leur paroi, des trous (figures 4) tels que 11 traversant totalement cette paroi. La longueur axiale h (figure 4) des bagues est faible par rapport à la distance L séparant deux bagues. On peut indiquer que le rapport h/L est de préférence inférieur à 1/5 voire 1/10. Généralement, la longueur axiale h est de l'ordre de 30 à 50 centimètres.

Chaque bague de mesure b1, b2... est munie d'un capteur de pression 12, de préférence logé dans une cavité 13, de la paroi de la bague, sensiblement à mi-longueur de cette bague. Le capteur 12 peut être un capteur pneumatique, hydraulique ou électrique.

Chaque capteur tel que 12 est relié, à la surface du sol, par une canalisation 14, notamment un conducteur ou un conduit, propre à chaque capteur, comme visible sur la figure 1, de manière à pouvoir transmettre, par cette canalisation ou ce conduit, les informations recueillies par le capteur. La canalisation ou conduit 14 traverse, de manière étanche, la membrane 6. Les moyens

permettant de réaliser la traversée étanche de la canalisation 14 peuvent être constitués par des joints d'étanchéité non représentés sur le dessin.

Il convient de noter que, de préférence, un jeu annulaire 15 de dimension radiale réduite subsiste entre la surface extérieure du tube 2 et la surface intérieure de la membrane 6, suivant toute l'étendue axiale de chacune des bagues; ce jeu annulaire 15 permet d'établir une communication entre les deux chambres 16, 17 situées axialement de part et d'autre de la bague et comprises entre la membrane 6 et la paroi extérieure du tube 2. Une telle communication permettrait d'assurer le gonflage de toute la membrane 6, à partir d'une seule arrivée du fluide sous pression dans l'une des chambres; dans ce cas, un tube 2 dont la paroi cylindrique serait fermée, et dépourvue d'ouvertures, pourrait être utilisé. Les jeux annulaires tels que 15 peuvent donc être considérés comme appartenant aux moyens d'amenée d'un fluide sous pression dans lesdites chambres. Toutefois, pour faciliter le gonflage de ces chambres 16, 17, notamment lorsque le fluide sous pression utilisé est un liquide ou un coulis de ciment, on prévoit des ouvertures de passage 18 (figure 4) traversant totalement la paroi du tube 2 et faisant communiquer l'intérieur de ce tube 2 avec l'extérieur et notamment les chambres telles que 16 et 17. Ces ouvertures 18 sont réparties régulièrement sur toute la longueur du tube 2, la distance entre deux ouvertures 18 étant notablement inférieure à la longueur L d'une chambre 16, 17. Dans l'exemple de réalisation de la figure 4, la distance entre deux ouvertures 18 successives est sensiblement égale à la moitié de la longueur h d'une bague de mesure. Le diamètre des ouvertures 18 est choisi de telle sorte qu'il permette un écoulement suffisamment rapide du fluide sous pression utilisé pour le gonflage des moyens d'étanchéité E.

Les bagues b1, b2... sont avantageusement entourées, extérieurement, d'une enveloppe 19 en matière non tissée anticontaminante, notamment en géotextile, propre à laisser passer l'eau, telle un filtre, tout en arrêtant les particules solides, notamment d'argile.

Il est clair que la distance L entre bagues successives n'est généralement pas constante, le long du tube 2; en effet, les écartements entre les bagues successives sont choisis par l'utilisateur de manière que les bagues de mesure se trouvent au niveau des couches N1, N2... que l'on souhaite étudier, comme expliqué précédemment.

Le tube 2 est équipé, à son extrémité destinée à être introduite la première dans le trou de forage 3, d'un sabot 20 en forme de cône, dont la paroi peut comporter une valve ou soupape 20a commandée, notamment pour l'ouverture, depuis la surface, à l'aide de moyens de commande (non représentés) tels qu'un mécanisme à câble ou analogues. La zone de mesure la plus profonde mn est située au niveau de ce sabot 20, entre le fond du trou de forage 3 et la région de la membrane 6 voisine de son extrémité inférieure 7. L'extrémité conique du sabot de forage 20 peut

se prolonger par une partie cylindrique 21 comportant, à sa périphérie, une gorge 22, correspondant à une zone de diamètre plus faible de la surface extérieure, dans laquelle est logé le capteur de pression 12 correspondant à cette zone de mesure. Ce capteur est situé à l'extérieur de la paroi du sabot 20 et la canalisation 14, reliant le capteur à la surface, traverse de manière étanche ladite paroi. Une bague de protection en matière poreuse 23 peut être placée dans la gorge 22, de manière à entourer le capteur 12 et à le protéger. La partie cylindrique 21 du sabot 20 est raccordée de manière étanche à l'extrémité inférieure de la membrane 6.

L'extrémité en surface du tube 2 est équipée d'un bouchon 24 (figure 2) traversé, notamment, par les canalisations ou conduits 14 de liaison, ainsi que par une canalisation 25 d'amenée de fluide sous pression, notamment d'air comprimé, eau ou coulis de serrage.

Le tube 2 est avantageusement en matière plastique semi-rigide, de manière à pouvoir être enroulé, par exemple sur un enrouleur 26 (figure 5). Le diamètre d'enroulement peut être de l'ordre de 1 mètre.

Le nombre des zones ou points de mesure ml, ...mn est notamment supérieur à 5 et peut atteindre, voire dépasser, 10 points de mesure par forage. La chaîne de mesures correspondant au piézomètre de l'invention peut être entièrement préfabriquée en atelier à la demande.

Ceci étant, la mise en oeuvre et l'utilisation d'un piézomètre conforme à l'invention sont les suivantes.

On réalise, tout d'abord, le trou de forage 3 dans le sol. On lave ce trou de forage 3, puis on le vide par pompage.

On introduit ensuite dans le trou de forage 3 le piézomètre 1 préfabriqué en atelier et comportant autant de bagues de mesure b1, b2... que souhaitées. La figure 5 illustre, schématiquement, l'enfoncement du piézomètre 1 dans un trou de forage 3 incliné par rapport à la verticale, par déroulement de ce piézomètre et du tube 2, à partir de l'enrouleur 26.

Au cours de l'enfoncement du piézomètre 1 dans un trou de forage 3 descendant, en cas d'une présence abondante d'eau souterraine percolant vers ce trou (de l'eau peut, en effet, s'être écoulée dans le trou de forage depuis le moment où ce trou a été vidé), on peut laisser pénétrer l'eau dans le tube 2 et/ou effectuer un pompage à l'intérieur de ce tube 2, l'eau pénétrant par les ouvertures et la valve du sabot 20.

Lorsque le sabot 20 bute dans le fond du trou de forage 3, on procède au gonflage des moyens d'étanchéité obturateurs formés par la membrane 6 en envoyant, par exemple, de l'air comprimé par la canalisation 25 (figure 2). L'air comprimé va s'écouler dans le tube 2 et passer par les trous 18 pour gonfler la membrane 6 entre les diverses bagues de mesure b1, b2... (bien entendu, lors de l'introduction dans le trou 3, la membrane 6 n'est pas gonflée).

Le gonflage peut être obtenu à l'aide d'un autre

gaz comprimé que l'air ou d'un liquide sous pression, si l'on souhaite démonter le piézomètre.

Le gonflage peut être réalisé à l'aide d'un coulis sous pression faisant prise, notamment un coulis de ciment, si le piézomètre est destiné à rester en place définitivement, pour permettre d'étudier en permanence la distribution des pressions de l'eau dans le sol, par exemple au voisinage d'un ouvrage hydraulique, notamment d'un barrage, d'une pente ou d'une côte ou dans tout milieu aquifère.

Le gonflage des chambres telles que 16, 17 situées entre les bagues de mesure b1, b2... est réalisé sous une pression nettement supérieure aux pressions hydrauliques à mesurer, de telle sorte que la membrane 6 soit appliquée fermement et de manière étanche contre la paroi du trou de forage 3. Les zones de mesure m1, m2... se trouvent ainsi isolées et indépendantes les unes des autres. La pression de gonflage peut dépasser 0,3 MPa et même 1 MPa et ce en restant toujours plus élevées que les pressions hydrauliques à mesurer.

Le fluide du terrain se met alors en place contre les capteurs 12 et les mesures peuvent alors être réalisées à l'aide d'un appareillage de lecture ou d'enregistrement en tête de forage.

Selon l'invention, pour équiper des forages descendants plein d'eau, on peut distinguer deux types de piézomètres:

- un premier type simple de piézomètre est celui destiné à être installé à demeure dans un forage; dans ce cas, la poussée d'Archimède exercée par l'eau du trou de forage sur le piézomètre, lors de son introduction, est compensée par un remplissage partiel de coulis de scellement; ce remplissage est insuffisant pour appliquer les moyens d'étanchéité E contre la paroi 4 et ne gêne donc pas l'introduction. Le sabot 20 d'un tel piézomètre ne comportera pas de valve 20a. Lorsque le piézomètre est en place, on complète le remplissage en coulis de scellement, sous pression, pour appliquer la membrane 6 de manière étanche contre la paroi 4. La prise du coulis a lieu ensuite.

- un second type de piézomètre est celui destiné à être récupéré et sorti du trou de forage 3 après une campagne de mesures. Pour ce second type, le sabot 20 est équipé d'une valve 20a qui est fermée lors de l'introduction du piézomètre dans le trou de forage 3 plein d'eau. Pour introduire le piézomètre dans le trou, on compense la poussée d'Archimède en remplissant d'eau, depuis la surface, l'intérieur du tube 2. Quand le piézomètre est en place, on gonfle la membrane 6 par une surpression de gaz ou d'eau à l'intérieur du tube 2; on effectue les mesures. Puis, pour retirer le piézomètre, on dégonfle la membrane 6 et on commande, depuis la surface (par des moyens non représentés tels qu'un mécanisme de traction à câble), l'ouverture de la valve 20a. Lors de l'extraction du piézomètre, l'eau contenue dans le tube 2 pourra s'échapper vers le trou de forage 3, ce qui évite, au cours de la remontée du piézomètre, une surpression à l'intérieur du tube 2 et

de la membrane 6 et tout risque de blocage et de détérioration de la membrane 6 contre la paroi 4 du forage.

Le premier type simple de piézomètre (sans valve 20a), évoqué ci-avant, permet en général, à lui seul, d'équiper les forages ascendants même en présence de venues d'eau. L'eau de percolation peut en effet s'évacuer du forage par gravité.

Il est à noter que, selon la représentation des figures 1 et 2, la tête du forage est située en haut, au niveau du sol. Dans le cas d'un forage en galerie, cette situation pourrait être inversée et la tête de forage se trouverait au niveau de la paroi de la galerie et éventuellement, à un niveau inférieur à celui du fond du trou de forage 3. Autrement dit, le terme «surface» utilisé dans des expressions telles que «reliés à la surface» ou «se trouver en surface» doit être compris comme désignant la paroi ou surface où se trouve la tête du trou de forage 3. Cette surface peut être la surface du sol, ou bien la surface d'une voûte de galerie, ou bien la surface de parois d'une excavation, etc...

On peut disposer de systèmes de mesure automatiques (mesures séquentielles ou continues) avec enregistrement. L'ensemble peut ainsi être interprété à l'aide d'un système automatique de traitement des données.

On voit que le piézomètre multiple conforme à l'invention est d'une utilisation simple et rapide. Il permet d'effectuer des mesures en de nombreux points d'un trou de forage.

Dans le cas où les capteurs de pressions 12 sont des capteurs hydrauliques ou pneumatiques, les références 14 désignent des conduits dans lesquels l'eau peut circuler.

Dans le cas où les capteurs de pression 12 sont électriques (notamment capteurs à quartz piézo ou à cordes vibrante ou similaires...), les références 14 désignent des canalisations ou conducteurs électriques.

Il est clair que le tube 2 peut être supprimé, les bagues b1...bn, le sabot 20 et la tête étant fixés sur la membrane 6, qui dans le cas d'un forage descendant, descendrait par gravité. Cette membrane 6 pourrait, le cas échéant, être semi-rigide tout en étant gonflable, ceci pour faciliter l'introduction du piézomètre dans les forages inclinés ou ascendants.

La membrane 6 pourrait être multicouche et les canalisations 14, conducteurs électriques ou conduits, pourraient être noyées dans cette membrane 6.

Il est à noter que les bagues b1...bn pourraient être formées de deux parties cylindriques fixées l'une à l'autre de manière étanche, mais démontables. Un tronçon de membrane 6, entre deux bagues, serait alors équipé, à chaque extrémité, d'une partie (en forme de manchon cylindrique) de bague; chaque partie de bague serait raccordée, notamment par vissage, ou au moyen de rampes de serrage, à une partie de bague complémentaire portée par le tronçon de membrane voisin. Le piézomètre formerait alors une sorte de tuyau «type pompier» fermé à une extrémité par le sabot 20.

On peut noter enfin qu'en cas de gonflage par coulis ou liquide, on peut prévoir, en plus du tube 25, un second tube (non représenté) allant jusqu'au fond du piézomètre et servant de tube évent pour permettre aux gaz emprisonnés dans le fond de s'échapper à l'atmosphère. Ce sera le cas notamment pour les piézomètre placés en remontant (par exemple à partir d'une galerie). Le tube 25 servira de tube d'injection et le second tube de tube évent, ou vice versa selon les cas.

Revendications

1. Piézomètre multiple destiné à être introduit dans un trou de forage, comprenant des bagues de mesure rigides (b1, b2...) destinées à être placées à des distances prédéterminées suivant la direction axiale du trou, le diamètre du trou de forage, et des moyens d'étanchéité gonflables (E) liés aux bagues de mesure, propres à être appliqués contre la paroi (4) du trou de forage (3) et à déterminer, en combinaison avec les bagues, plusieurs zones annulaires de mesure (m1, m2, ..., mn) au niveau desdites bagues, ces zones de mesures étant limitées dans le sens radial extérieur par la paroi (4) du trou de forage, ces zones étant en outre isolées du volume intérieur du trou et séparées les unes des autres, caractérisé par le fait que les moyens d'étanchéité (E) comprennent une membrane souple (6), notamment caoutchoutée, s'étendant suivant toute la longueur du piézomètre, que les bagues de mesure (b1, b2...) sont montées autour de la membrane (6), que des moyens de mesure (12) sont prévus pour mesurer la pression dans lesdites zones annulaires, et sont reliés à la surface par des canalisations (14) ou analogues, et que des moyens d'amenée (25, 18, 15) d'un fluide sous pression sont reliés aux moyens d'étanchéité (E) pour assurer le gonflage de ces derniers.

2. Piézomètre selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte un tube (2) lequel est équipé, sur sa paroi extérieure, des moyens d'étanchéité gonflables (E) qui entourent le tube, lesdites zones annulaires de mesure étant isolées du volume intérieur (5) du tube, les susdites canalisations (14) traversant, de manière étanche, la paroi extérieure du piézomètre et s'étendant à l'intérieur jusqu'à l'extrémité de celui-ci destinée à se trouver en surface.

3. Piézomètre selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les moyens d'amenée du fluide sous pression comprennent des ouvertures de passage (18) prévues dans la paroi du tube (2) et communiquant avec des chambres (16, 17) définies par les moyens d'étanchéité (E), le gonflage de ces moyens d'étanchéité pouvant être obtenu en envoyant du fluide (notamment air, gaz ou eau...) sous pression, dans le tube (5).

4. Piézomètre selon l'ensemble des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la membrane souple (6) est serrée, à ses deux extrémités longitudinales (7, 8) sur le tube de manière étanche, et que des moyens de fixation ou de blocage sont prévus sur la surface extérieure de la

membrane, comme par exemple des bourrelets (9, 10) notamment collés ou vulcanisés, de part et d'autre des bagues (b1, b2...) suivant la direction axiale, pour assurer le maintien en position de ces bagues.

5. Piézomètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les bagues de mesure (b1, b2...) sont équipées d'un capteur de pression (12), ce capteur étant relié en surface par une canalisation (14) ou un conduit traversant, de manière étanche, la membrane (6).

6. Piézomètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les bagues sont entourées, extérieurement, d'une enveloppe filtre (19) anticontaminante, notamment en géotextile, propre à laisser passer l'eau tout en arrêtant les particules solides, notamment l'argile.

7. Piézomètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le tube (2) est équipé, à son extrémité destinée à être introduite la première dans le trou de forage (3), d'un sabot (20), notamment muni d'une valve (20a), dont l'ouverture peut être commandée de la surface, l'autre extrémité du tube (2), destinée à se trouver en surface, étant équipée d'un bouchon (24) traversé, notamment, par les canalisations (14) ou conduits de liaison des moyens de mesure, ainsi que par une canalisation (25) d'amenée de fluide sous pression pour le gonflage des moyens d'étanchéité (E).

8. Piézomètre selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le tube (2) est en une matière semi-rigide, notamment en matière plastique semi-rigide et peut être enroulé.

9. Application d'un piézomètre, selon l'une quelconque des revendications précédentes, à la mesure de pressions hydrauliques dans le sol, caractérisée par le fait que le gonflage des moyens d'étanchéité (E) est assuré à l'aide d'un coulis de ciment, ou d'une matière analogue, faisant prise, le piézomètre étant alors placé à demeure dans le sol.

Patentansprüche

1. Mehrfach-Piezometer, bestimmt zum Einführen in ein Bohrloch, bestehend aus starren Messringen (b1, b2...) die zum Anbringen in vorgegebenen Abständen entsprechend der axialen Richtung des Loches bestimmt sind, wobei der Aussendurchmesser dieser Messringe kleiner als der Bohrlochdurchmesser ist, und aus aufblähbaren Dichtungen (E), die mit den Messringen verbunden sind, und die zum Anpressen gegen die Wand (4) des Bohrloches (3) und zur Bestimmung verschiedener ringförmiger Messzonen (m1, m2...mn) in Verbindung mit den Ringen auf dem Niveau der besagten Ringe geeignet sind, wobei diese Messzonen im äusseren radialen Bereich durch die Wand (4) des Bohrloches begrenzt sind, wobei diese Zonen ausserdem von dem inneren Volumen des Loches isoliert und

von einander getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungen (E) eine, besonders gummierte, weiche Membrane (G) enthalten, die sich entsprechend der Gesamtlänge des Piezometers erstreckt, dass die Messringe (b1, b2...) um die Membrane (6) herum montiert sind, dass die Dichtungen (12) zur Messung des Druckes in den besagten ringförmigen Zonen vorgesehen und an der Oberfläche durch Kanäle (14) oder ähnlichen verbunden sind, und dass die Zufuhrleitungen (25, 18, 15) für Druckflüssigkeit an die Dichtungen (E) befestigt sind, um ein Aufblähen der letzteren zu gewährleisten.

2. Piezometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es aus einem Rohr (2) besteht, das an seiner Aussenwand mit aufblähbaren Dichtungen (E) versehen ist, die das Rohr umgeben, dass die besagten ringförmigen Messzonen von dem Innenvolumen (5) des Rohres isoliert sind, wobei die oben genannten Kanäle (14) in dichter Form die Aussenwand des Piezometers überqueren und sich im Innern bis zur äusseren Grenze erstrecken, die sich an der Oberfläche befindet.

3. Piezometer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhrleitungen für die Druckflüssigkeit Durchlauföffnungen (18) enthalten, die in der Rohrwand (2) vorgesehen sind und die in Verbindung stehen mit den Kammern (16, 17), die bei Dichtungen (E) begrenzt sind, wobei das Aufblähen dieser Dichtungen durch Zufuhr von Druckflüssigkeit (hauptsächlich Luft, Gas oder Wasser ...) erzielt wird.

4. Piezometer nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die weiche Membrane (6) gezogen wird an ihren beiden äusseren Längsseiten (7, 6) auf dem Rohr, in dichter Form, und dass die Befestigungen oder Klemmen vorgesehen sind auf der äusseren Oberfläche der Membrane, wie z.B. Wülste (9, 10), besonders geformt oder vulkanisiert, einerseits und andererseits der Ringe (b1, b2) entsprechend der axialen Richtung, um eine Positions-Beibehaltung der Ringe zu gewährleisten.

5. Piezometer nach einer der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messringe (b1, b2) ausgerüstet sind mit einem Druckgeber (12), dass dieser Geber an der Oberfläche durch einen Kanal (14) oder durch eine Leitung, die die Membrane (6) in dichter Form durchläuft, verbunden ist.

6. Piezometer nach einer der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringe aussen durch eine unverschmutzte Filterhülle (19), besonders aus Geotextilien, umgeben sind, wobei diese Filterhülle, um das Wasser durchzulassen und dabei feste Teile, vor allem Ton, zurückzuhalten geeignet ist.

7. Piezometer nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (2) ausgerüstet ist an seinem äusseren Ende, das in das Bohrloch (3) im ersten eingeführt wird, mit einem Schlitten (20), besonders versehen mit einem Ventil (20a), dessen Öffnung von der Oberfläche aus gesteuert werden kann, und dass das

andere Ende des Rohres (2), das sich an der Oberfläche befindet, mit einem Stopfen (24) ausgerüstet ist, der besonders durch die Kanäle (14) oder durch die Verbindungsleitungen der Messgeräte, ebenso wie durch einen Kanal (25) zur Zufuhr der Druckflüssigkeit für das Aufblähen der Dichtungen, geführt wird.

8. Piezometer nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (2) aus halbstarrem Material besteht, besonders aus halbstarrem Kunststoff und aufgerollt werden kann.

9. Anwendung eines Piezometers nach einem der obigen Ansprüche, zur Messung von hydraulischen Drücken in Böden, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufblähen der Dichtungen (E) mit Hilfe eines Zementbreies oder eines ähnlichen Materials gewährleistet wird und dass nach dem Festwerden der Piezometer zum Verbleib in den Boden gebracht wird.

Claims

1. A multiple piezometer for use in a pre-formed drillhole, comprising rigid measurement rings (b1, b2...) to be located at predetermined distances along the axis of the drillhole, the external diameter of these rings being less than the internal diameter of the drillhole, and an inflatable means of sealing (E) connected to the measurement rings, which is suitable for expanding against the walls (4) of the drillhole (3) and for forming, in conjunction with the measurement rings, several annular measurement zones (m1, m2, ..., mn) at the levels of these rings, these zones being limited in the outward radial direction by the sides (4) of the drillhole and, in addition, isolated from the inside of the drillhole and separated one from another, characterized by the fact that the means of sealing (E) comprises a flexible membrane (6), in particular or rubber, which extends over the full length of the piezometer, that the measurement rings (b1, b2...) are attached around the membrane (6), that devices (12) are provided for measuring the pressure in these annular measurement zones, these devices being linked to the surface by tubes (14), or similar, and that means (25, 18, 15) of injecting a fluid under pressure are connected to the means of sealing (E), so as to inflate these means of sealing.

2. A piezometer in accordance with claim 1, characterized by the fact that it includes a pipe (2) which is equipped, on its outer wall, with the inflatable means of sealing (E), which surround it, the above-mentioned annular measurement zones being isolated from the inside of the pipe (5), the above-mentioned pipes (4) passing through the outer wall of the piezometer at an impervious joint and extending inside to the end of said piezometer which is intended to be at ground surface.

3. A piezometer in accordance with claim 2, characterized by the fact that the means of injecting the fluid under pressure consists of perfora-

tions (18) in the pipe (2) which communicate with the chambers (16, 17) defined by the means of sealing (E), the expansion of the chambers being by means of injecting a fluid (in particular, air, another gas or water) under pressure, along the inside of the pipe (5).

4. A piezometer in accordance with claims 1 and 2, characterized by the fact that the flexible membrane (6) is tightened to the pipe imperviously at either end (7, 8) and that means of fixing are provided on the outer surface of the membrane, on either side of the measurement rings (b1, b2 ...) to ensure that said rings stay in position, said means of fixing taking for example the form of collars (9, 10), particularly of a type that is glued or vulcanized.

5. A piezometer in accordance with any of the above claims, characterized by the fact that the measurement rings (b1, b2...) are provided with pressure transducers (12), these transducers being linked to the surface by tubes (14), which cross the membrane (6) at an impervious seal.

6. A piezometer in accordance with any of the above claims, characterized by the fact that the measurement rings are surrounded by an anti-

contaminating fabric filter (19), in particular a geotextile, which allows the passage of water but traps solid particles, particularly clay.

7. A piezometer in accordance with any of the above claims, characterized by the fact that the end of the tube (2) inserted first into the drillhole (3) is equipped with a shoe (20), in particular provided with a valve (20a) which can be opened from the surface, while the other end of the tube (2) is provided with a plug (24) crossed, in particular, by the tubes (14) linked to the transducers, as well as such tubing (25) as required to inject fluid under pressure for inflating the means of sealing (E).

8. A piezometer in accordance with any of the previous claims, characterized by the fact that the pipe (2) is of a semi-rigid material, in particular of a semi-rigid plastic and can be rolled up.

9. The use of a piezometer in accordance with any of the above claims, for measuring hydraulic pressures in the ground, characterized by the fact that the means of sealing (E) is inflated using cement grout, or similar material, under pressure, the grout then setting and the piezometer being left in place permanently.

30

35

40

45

50

55

60

65

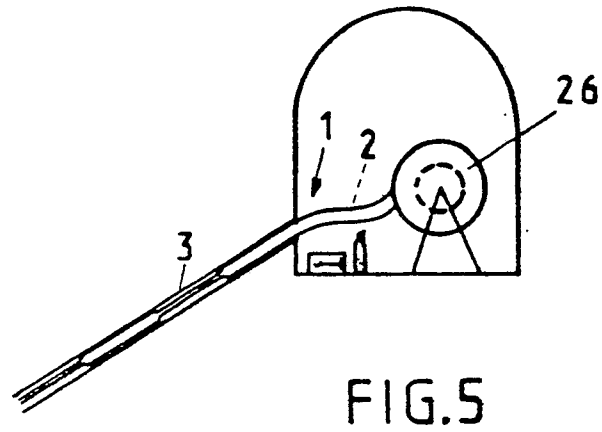
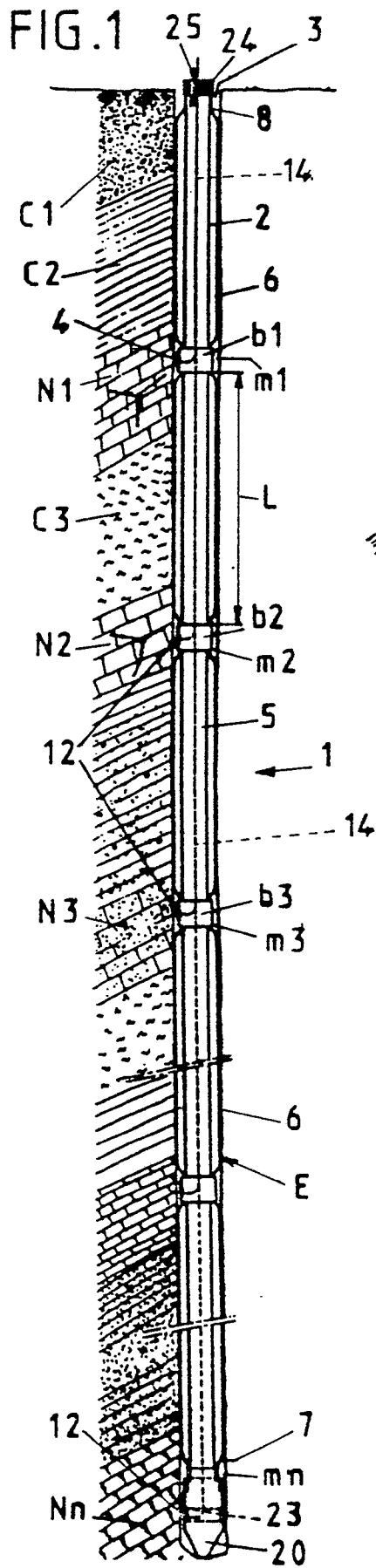


FIG.2

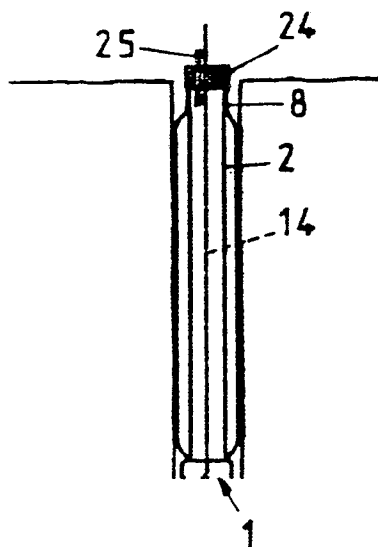


FIG.3

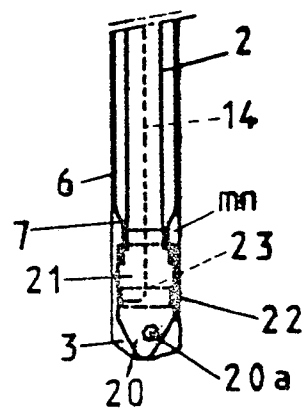


FIG.4

