



N° 884.434

Classif. Internat.: B65G/F28D/E02B/

Mis en lecture le: 17 -11- 1980

Le Ministre des Affaires Economiques,

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

Vu le procès-verbal dressé le 23 juillet 1978 à 15 h. 20
au Service de la Propriété Industrielle;

ARRÊTE :

Article 1. — *Il est délivré à Mr Jacques SAROT*
rue des Wartons, 42, 7450 Nimy (Mons)

un brevet d'invention pour: Equipement des forages d'accès aux milieux
souterrains perméables en vue de stockage d'eau chaude,

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 14 août 1978.

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE:

L. SALPÊTEUR
Directeur

MEMOIRE DESCRIPTIF

déposé à l'appui d'une demande de

BREVET D'INVENTION

formée par

J. S A R O T

pour

{ "Equipement des forages d'accès aux milieux souterrains perméables en vue du stockage d'eau chaude."

- Procédé de stockage d'eau chaude dans les aquifères utilisant comme accès au milieu perméable un ou plusieurs forages de petit ou de grand diamètre équipés de telle manière que, pour chacun d'eux, l'injection et/ou le pompage puissent se faire sur un ou plusieurs tronçons du puits judicieusement sélectionnés plutôt que sur la hauteur totale du puits située dans le milieu perméable. "

L'objet de cette invention est un procédé appelé de stockage d'eau chaude dans les aquifères utilisant comme accès au milieu perméable un ou plusieurs forages de petit ou de grand diamètre équipés de telle manière que, pour chacun d'eux, l'injection et/ou le pompage puissent se faire sur un ou plusieurs tronçons du puits judicieusement sélectionnés plutôt que sur la hauteur totale du puits située dans le milieu perméable.

Le stockage d'eau chaude dans l'optique du captage de l'énergie solaire ou de la récupération des rejets thermiques industriels à basse enthalpie est actuellement étudié avec beaucoup d'attention. Les aquifères situés à moyenne ou grande profondeur sont envisagés : ce sont eux qui, semble-t-il, pourront fournir dans l'avenir les plus grands volumes de stockage pour un équipement et donc un investissement relativement réduits.

L'accès aux aquifères est classiquement constitué par un ou plusieurs forages traversant soit partiellement, mais le plus souvent totalement pour des raisons de capacité d'injection, la couche perméable. En général, le ou les puits servent alternativement à l'injection de l'eau chaude à stocker et au pompage de celle-ci lors de la phase de récupération ; certains auteurs prévoient en plus un certain nombre de puits dits "froids" qui permettent de travailler en circuit fermé et donc de maintenir constante la quantité d'eau contenue dans l'aquifère ; dans tous les cas, la hauteur totale du puits située dans la couche perméable est utilisée pour l'injection et le pompage.

Les premiers essais de stockage d'eau chaude dans les aquifères, associés à des études de modélisation numérique, ont permis de se rendre compte que, parallèlement à la convection forcée due au pompage, la convection naturelle due à la différence de densité entre l'eau chaude stockée et l'eau froide du milieu influence de façon non négligeable le champ des vitesses

du fluide dans la zone perméable : à cause de sa densité plus faible, l'eau chaude a tendance à se cantonner dans la proximité du toit de la couche ; elle ne va donc pas déplacer uniformément l'eau froide sur toute la hauteur de la couche perméable. Par exemple, dans le cas d'un forage isolé servant alternativement à l'injection et au pompage, le volume occupé par l'eau chaude a la forme d'un cône renversé dont la base se confond avec le toit de la couche perméable et dont le sommet coïncide avec le fond du puits. Lors de la récupération, le fond du puits aspire donc très rapidement de l'eau froide, ce qui, par mélange, fait chuter globalement la température de l'eau récupérée ; ce phénomène ira en s'amplifiant au fur et à mesure de l'avancement de la phase de récupération. Il apparaît donc que, dans le cas de la configuration classique, les phénomènes de convection naturelle ont tendance à diminuer la quantité d'eau récupérée au-dessus d'un niveau thermique donné et donc le rendement de récupération.

Le désavantage du procédé classique, à savoir une diminution du rendement de récupération de la chaleur stockée à cause des phénomènes de convection naturelle, est éliminé par l'invention du fait que l'injection de l'eau chaude à stocker ^{et}/ou le repompage lors de la phase de récupération peuvent se faire pour chaque puits sur un ou plusieurs tronçons judicieusement sélectionnés plutôt que sur la hauteur totale du puits située dans l'aquifère.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui sera donnée ci-après de la manière dont on peut équiper les forages d'accès aux aquifères destinés au stockage d'eau chaude en vue de diminuer la chute de rendement thermique de récupération due aux phénomènes de convection naturelle. Cette description n'est donnée qu'à titre d'exemple et n'est pas limitative ; elle est donnée avec références aux figures ci-annexées. Les notations de référence se rapportent aux figures ci-annexées.

La figure 1 est une coupe verticale passant par l'axe du forage d'un milieu perméable utilisé pour le stockage d'eau chaude, équipé dans ce but d'un forage classique unique utilisé alternativement pour l'injection de l'eau chaude à stocker et le pompage lors de la phase de récupération.

La figure 2 est une coupe verticale passant par l'axe du forage du même milieu de stockage ; le forage unique est dans ce cas équipé de telle façon qu'on puisse sélectionner les tronçons du puits situés dans le milieu perméable utilisés pour l'injection ^{et}/ou la récupération de l'eau chaude stockée.

La figure 3 est une coupe verticale passant par l'axe du forage montrant une exécution possible du dispositif de sélection installé dans le tubage d'injection ^{et}/ou de récupération dans le cas décrit par la figure 2.

La figure 4 est une vue schématique d'une possibilité de réalisation de l'accès à un aquifère utilisant une combinaison de forages de petits et grands diamètres.

Les figures 1 et 2 montrent que le milieu de stockage est constitué ici d'une couche perméable 1 limitée en haut et en bas par des couches imperméables 2. L'accès à la formation est réalisé par un seul forage 3 traversant entièrement la zone de stockage.

La figure 1 montre que, dans le cas où l'injection et le pompage se passent sur toute la hauteur de la couche perméable, la surface de contact eau chaude stockée/eau froide du milieu en fin d'injection a une géométrie semblable à 4 ; lors du repompage du fluide, cette surface va se déplacer jusqu'en 5. A partir de ce moment, le fond du puits va aspirer de l'eau froide initialement contenue dans le milieu ; cette eau, bien que légèrement réchauffée au contact de la roche située dans la zone de stockage, va se mélanger à l'eau chaude pompée dans le haut de la couche et globalement faire baisser la température de l'eau récupérée. Au fur et à mesure que le pompage se poursuit, la surface de contact eau chaude stockée/eau froide du milieu va se déplacer jusqu'en 6 d'abord et en 7 ensuite et la quantité d'eau froide aspirée va aller en augmentant.

La figure 2 illustre, pour la même couche perméable, un cycle de stockage pour lequel l'injection se fait, comme

dans le cas précédent, sur la totalité de la hauteur de la couche et le repompage d'abord sur la totalité, par la suite sur les deux tiers supérieurs, et plus tard encore sur le seul tiers supérieur de la hauteur de la couche. A la fin de la phase d'injection, la surface de contact eau chaude stockée/eau froide du milieu se situe, comme dans le cas précédent, suivant 4 ; comme dans le cas précédent également, lors du début du repompage, la surface de contact va se déplacer jusqu'en 5. A ce moment, alors que le pied du puits commence à aspirer l'eau froide du milieu, le tiers inférieur du puits est mis hors circuit par un mécanisme quelconque situé en 10 ; le pompage se faisant à partir de ce moment sur les deux tiers supérieurs du puits, c'est de nouveau entièrement de l'eau chaude stockée qui est repompée. Quand la surface de contact eau chaude stockée/eau froide du milieu atteint la position indiquée par 8, on réalise une manoeuvre semblable : un mécanisme situé en 11 met hors circuit le deuxième tiers inférieur et l'aspiration ne se fait plus que par le seul tiers supérieur. Ce n'est qu'au moment où la surface de contact eau chaude stockée/eau froide du milieu atteint la position 9 que l'aspiration d'eau froide est inévitable ; mais on voit aisément qu'à ce moment, le volume d'eau chaude restant dans l'aquifère est beaucoup plus faible que dans le cas illustré par la figure 1. On en déduit que la chute globale de température due à l'aspiration de l'eau froide

du milieu a été fortement retardée et donc que la quantité d'eau chaude extraite au-dessus d'un niveau thermique donné a été augmentée.

La figure 3 montre que le dispositif de sélection installé dans le tubage d'injection ^{et}/_{ou} de récupération peut être avantageusement constitué, dans le cas illustré par la figure 2, d'un train de tiges 12 manoeuvré à partir de la surface et équipé de deux tronçons cylindriques calibrés 13 et 14 coulissant exactement dans deux guides fixes 15. Les deux tronçons coulissants 13 et 14 et les deux guides fixes 15 sont entaillés de deux rainures 16 et 17 et sont profilés de telle manière qu'il ne peuvent pas tourner l'un par rapport à l'autre.

Les deux guides fixes sont identiques tandis que les deux tronçons coulissants diffèrent par la hauteur sur laquelle ils sont rainurés. La longueur des tiges entre les deux cylindres calibrés est telle que, en position basse, les deux cylindres se trouvent dans la position indiquée par la figure 3 par rapport aux guides fixes, les deux mécanismes 10 et 11 étant à ce moment visiblement fermés. Pour permettre de pomper ou d'injecter sur les deux tiers supérieurs de la colonne, il faut permettre le passage du fluide à travers le mécanisme 11 ; pour cela, il suffit simplement de remonter le train de tiges d'une certaine hauteur h indiquée sur la figure 3 ; à ce moment, les sommets des rainures 16 et 17 du tronçon 14 vont dépasser

du guide fixe et permettre le passage du fluide ; par contre, les rainures du tronçon 13, arrêtées plus bas, ne dépassent pas encore de leur guide fixe. Pour que le pompage ou l'injection puissent se faire sur toute la hauteur de la colonne, il faudra encore relever le train de tiges d'une hauteur h , ce qui permettra, comme on le voit en se référant à la figure 3, d'ouvrir le mécanisme 10 en faisant dépasser les rainures 16 et 17 du tronçon 13 de leur guide fixe. On voit donc que, dans ce cas, l'ouverture et la fermeture des mécanismes se ramène à une simple manoeuvre de montée et de descente d'un train de tiges, manoeuvre qui peut être facilement automatisée.

Il ne faut pas perdre de vue que, pour que le système soit efficace, il est nécessaire que l'espace annulaire entre la surface extérieure du tubage et la paroi du puits soit rendu tout à fait étanche aux niveau des mécanismes 10 et 11.

On peut également envisager la mise hors circuit d'une portion plus ou moins grande du puits à l'aide d'un packer déplaçable à volonté suivant les besoins : la portion du puits située sous le packer est alors mise hors circuit. Les niveaux de verrouillage du packer devront cependant être présélectionnés et l'espace annulaire entre la surface extérieure du tubage et la paroi du puits rendu étanche à ces niveaux, par exemple par une opération de cimentation.

Dans le cas où l'injection se passe sur toute la hauteur

du puits située dans la zone perméable et la récupération sur une portion constante du puits adjacente au toit de la zone perméable, un simple dispositif anti-retour à bille ou à clapet situé au pied du tronçon de récupération choisi permettra la récupération sélective ; ici encore, l'étanchéité de l'espace annulaire entre la surface extérieure du tubage et la paroi du puits devra être assurée au niveau du clapet anti-retour.

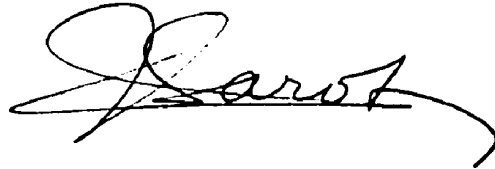
L'accès à l'aquifère sera en général constitué d'un certain nombre de forages de petit diamètre tels que décrits aux figures 2 et 3 et dans le texte. Ces puits peuvent être tous forés à partir de la surface ou bien, comme le montre la figure 4, ils peuvent être forés en déviation à partir d'un ou plusieurs forages de grand diamètre 18 ; dans la mesure où on possède une technique de forage à grand diamètre compétitive, on peut par cette méthode réduire le nombre des sites de forage et donc diminuer proportionnellement les frais de transport, manutention du matériel et de conditionnement des sites ; la surveillance en phase d'utilisation sera également centralisée. De plus, il est possible par cette méthode de faire une économie importante en matière de colonne de tubage si on opte pour une méthode de cimentation des forages à grand diamètre ne nécessitant pas le tubage préalable du puits ; de telles méthodes, bien que non employées actuellement au stade industriel, ont

déjà fait l'objet d'essais en laboratoire et un brevet a été obtenu à ce sujet par l'auteur de ce mémoire.

REVEN DICATIONS .

1. Le procédé de stockage d'eau chaude dans les aquifères utilisant comme accès au milieu perméable un ou plusieurs forages de petit ou de grand diamètre équipés de telle manière que, pour chacun d'eux, l'injection et/ou le pompage puissent se faire sur un ou plusieurs tronçons du puits judicieusement sélectionnés plutôt que sur la hauteur totale du puits située dans le milieu perméable.
2. Le procédé d'après la revendication 1 caractérisé en ce que les tronçons d'injection et/ou de pompage puissent être choisis de quelque manière que ce soit.
3. Le procédé d'après les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que le dispositif de sélection des tronçons d'injection et/ou de pompage puisse être quelconque.
4. Le procédé d'après les revendications 1,2,3 caractérisé en ce que le dispositif de sélection des tronçons d'injection et/ou de pompage puisse être un de ceux décrits dans le texte et à la figure 3.
5. Le procédé d'après les revendications 1,2,3,4 caractérisé en ce que le ou les puits d'accès équipés du dispositif de sélection des tronçons d'injection et/ou de pompage puissent être réalisés par des forages de diamètre conventionnel partant tous de la surface ou par la

combinaison des forages de petit et grand diamètre
suivant le schéma non limitatif de la figure 4.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sarot', with a large, sweeping flourish extending from the end of the name.

Ir. J. SAROT

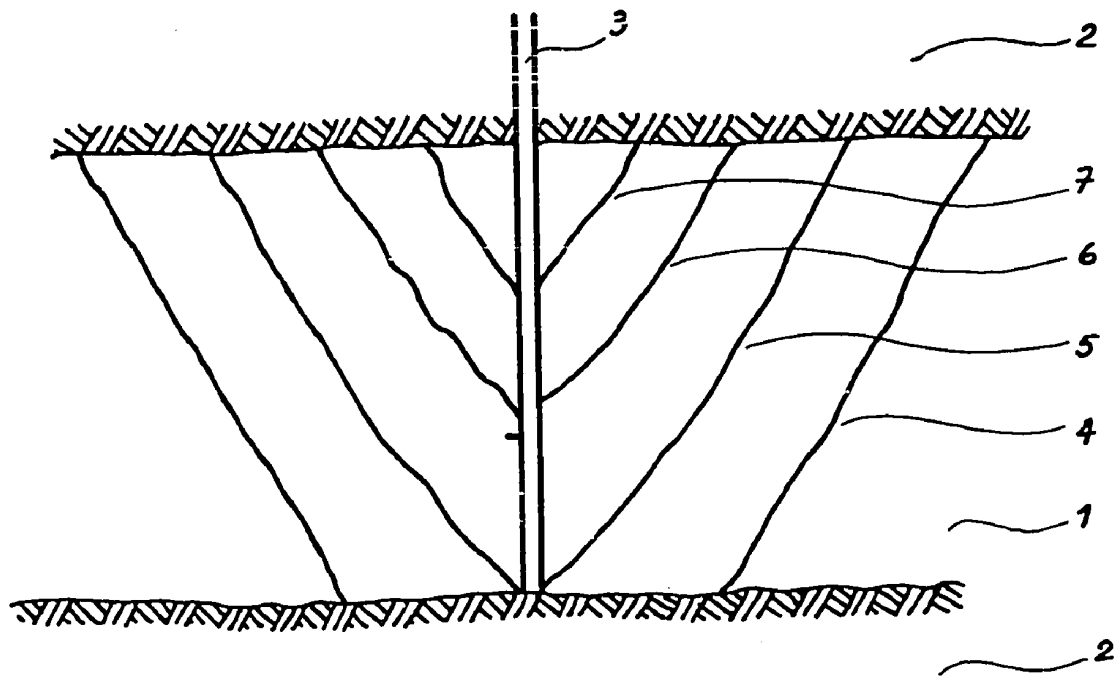


fig. 1.

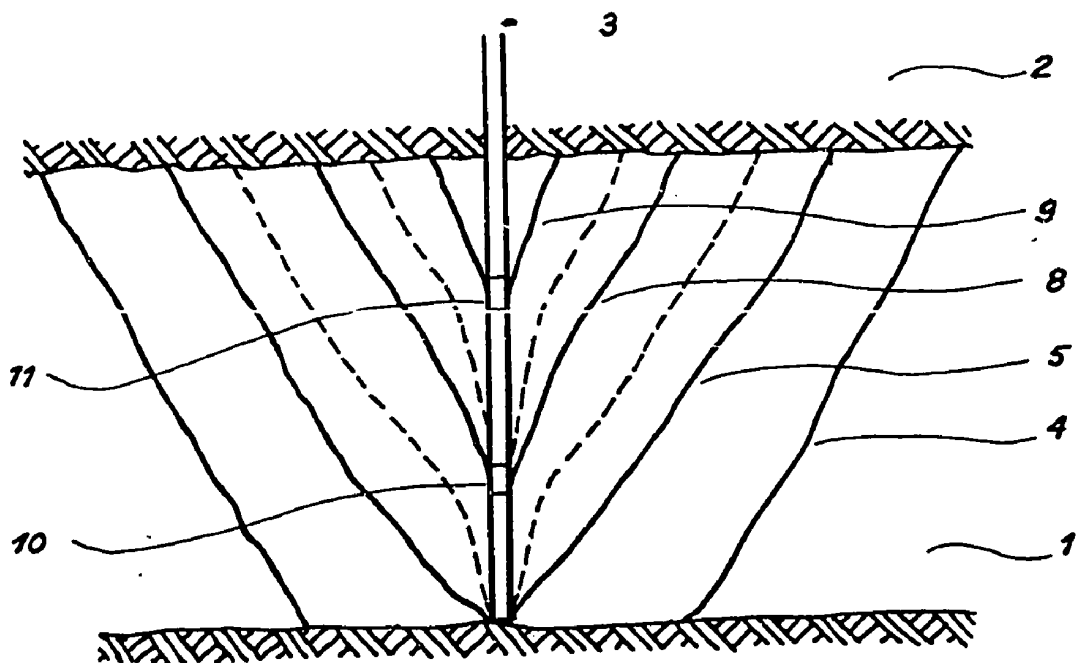


fig. 2.

Jan 2

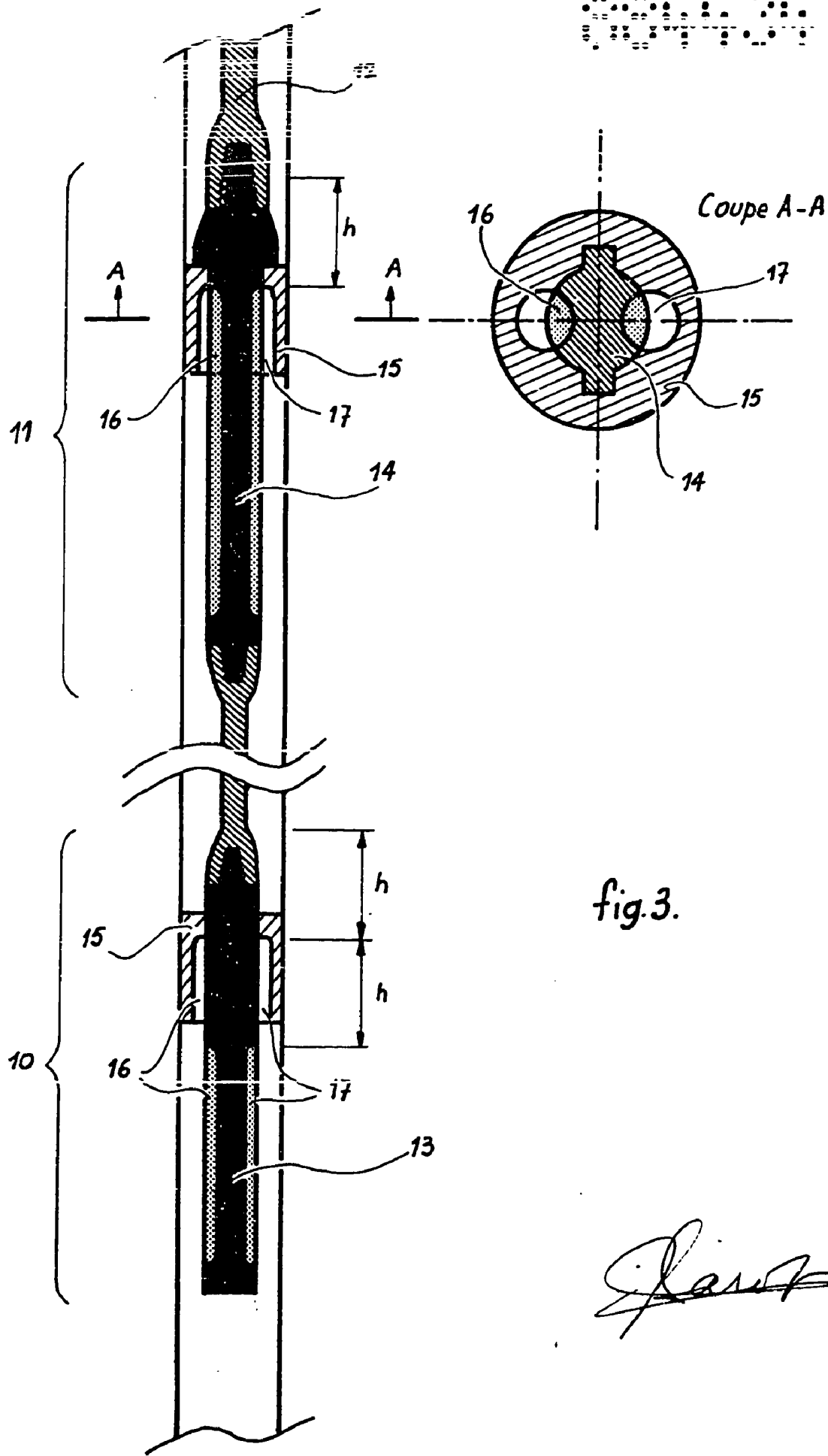


fig.3.

Janet

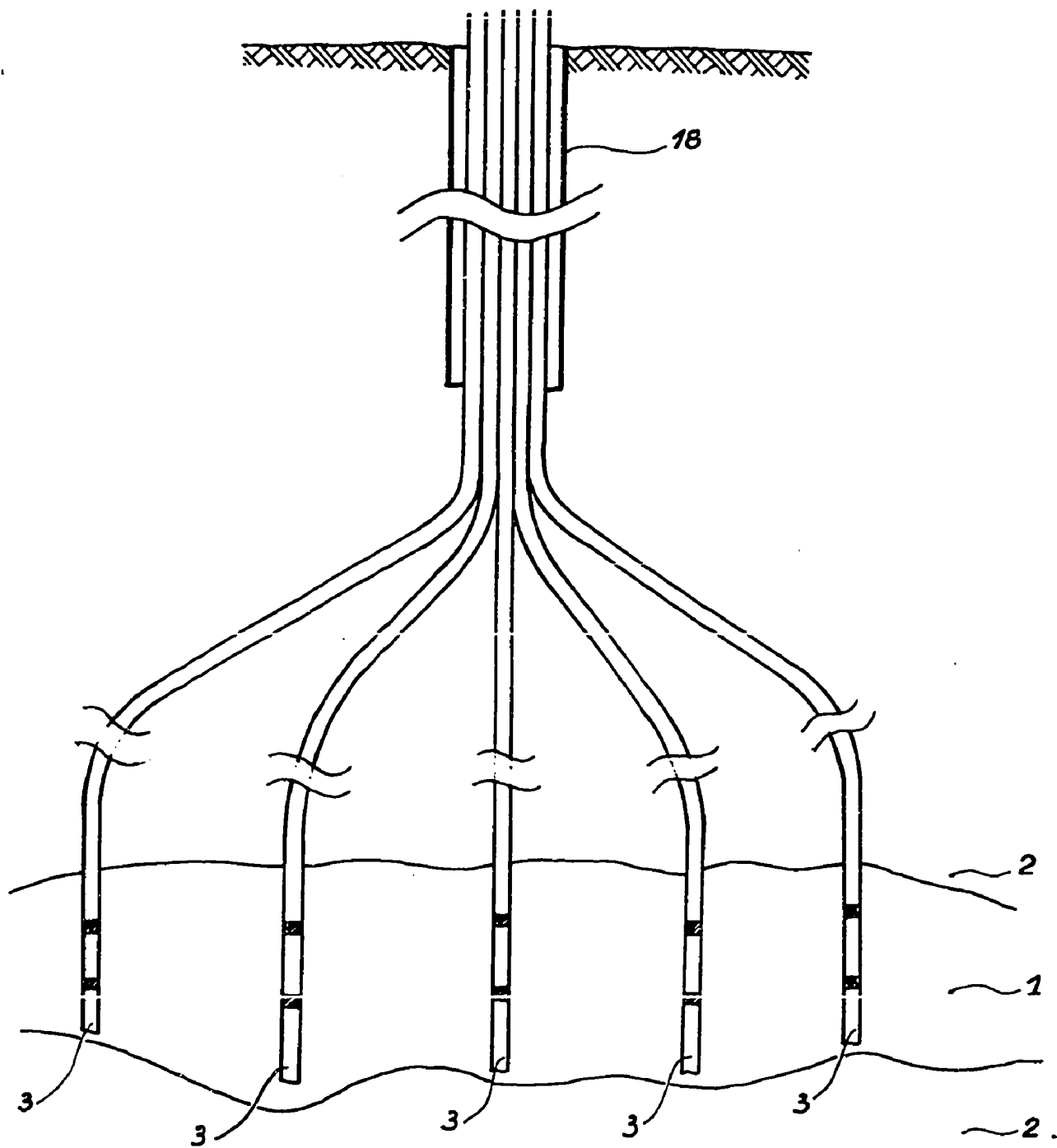


fig. 4.

J. Sauter