



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑯ Numéro de publication:

**0067 781**  
**B1**

⑯

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

⑯ Date de publication du fascicule du brevet:  
**13.02.85**

⑯ Int. Cl.<sup>4</sup>: **E 21 B 43/16, E 21 B 36/00**

⑯ Numéro de dépôt: **82430014.9**

⑯ Date de dépôt: **13.05.82**

⑯ Procédé et dispositif électrique de récupération assistée de pétrole.

⑯ Priorité: **05.06.81 FR 8111349**

⑯ Titulaire: **SYMINEX Société Anonyme dite:, 2, Boulevard de l'Océan, F-13275 Marseille Cedex 09 (FR)**

⑯ Date de publication de la demande:  
**22.12.82 Bulletin 82/51**

⑯ Inventeur: **Kermabon, André, 448, Boulevard Michelet Rés. Michelet-Concorde, F-13009 Marseille (FR)**

⑯ Mention de la délivrance du brevet:  
**13.02.85 Bulletin 85/7**

⑯ Mandataire: **Azals, Henri et al, c/o CABINET BEAU DE LOMENIE 14, rue Raphael, F-13008 Marseille (FR)**

⑯ Etats contractants désignés:  
**AT DE GB IT NL**

⑯ Documents cités:  
**BE - A - 460 561**  
**FR - A - 1 268 588**  
**US - A - 2 799 641**  
**US - A - 3 202 215**  
**US - A - 3 417 823**  
**US - A - 3 642 066**  
**US - A - 3 724 543**  
**US - A - 3 782 465**

**EP 0 067 781 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 a pour objet un procédé et un dispositif électrique de récupération assistée de pétrole.

De nombreux procédés et dispositifs utilisant de l'énergie électrique ont été proposés et essayés pour augmenter la mobilité des hydrocarbures dans leur gisement et pour améliorer la récupération tertiaire des hydrocarbures.

Une première catégorie de procédés utilisent l'échauffement produit par effet Joule. Ces procédés nécessitent une puissance électrique élevée pour échauffer suffisamment le gisement et ils utilisent du courant alternatif.

L'échauffement est utilisé par exemple pour carboniser des schistes bitumineux dans les procédés décrits dans les brevets U.S. 3 106 244, 3 137 347, 3 428 125 (H. PARKER).

On utilise également l'échauffement pour liquéfier les paraffines, les asphaltenes ou le bitume ou pour réduire la viscosité. Brevets U.S. 1 372 743 —(B. GARDNER), 3 848 671 —(L. KERN), 3 149 672 (J. ORKISZEWSKI et Al).

On a également utilisé l'échauffement dû au passage du courant électrique pour produire de la vapeur d'eau en place: brevets U.S. 3 507 330, 3 547 193, 3 605 888, 3 614 986 —(W. G. Gill et Al), 3 620 300 —(F. CROWSON), 3 547 192 —(E. CLARIDGE).

Une deuxième catégorie de procédés utilisent l'électrolyse et les gaz qui en résultent pour pressuriser le gisement ou pour les combiner aux hydrocarbures. De tels procédés sont décrits dans les brevets U.S. 1 784 214 —(P. WORKMAN), 3 103 975 (A. W. HAUSON), 3 724 543 et 3 782 465 (C. W. BELL et Al), 4 037 655 (N. CARPENTER).

Une troisième catégorie de procédés utilisent l'action d'un courant électrique unidirectionnel sur un liquide contenu dans un milieu poreux assimilable à des tubes capillaires pour déplacer le liquide par un phénomène connu sous le nom d'électro-osmose.

Le phénomène d'électro-osmose est utilisé par exemple pour éviter l'envahissement du fond d'un puits par la couche d'eau salée (effet de Coning).

Le brevet U.S. 3 202 215 (A. STANOWIS) décrit un procédé selon lequel on utilise l'électro-osmose pour maintenir une lentille d'eau pure dans le fond d'un puits pour repousser l'eau salée.

D'autres brevets décrivent des procédés permettant de déplacer le pétrole par électro-osmose.

Le brevet FR 1 268 588 (Institut Français du Pétrole) décrit un procédé selon lequel on applique entre deux électrodes situées en deux points d'un gisement, une différence de potentiel élevée, ayant un sens déterminé, par exemple une différence de potentiel comprise entre 1000 et 100 000 Volts.

Le brevet U.S. 2 799 641 (T. G. BELL) décrit un procédé de récupération assistée selon lequel

on applique une différence de potentiel entre une première électrode de polarité positive située dans la formation à distance d'un puits producteur et une deuxième électrode de polarité négative située dans le puits producteur et en contact direct avec la formation réservoir.

La tension continue est d'au moins 70 Volts et l'intensité du courant d'environ 10 ampères. Le pétrole est déplacé vers la cathode. Le courant est interrompu périodiquement avec une fréquence de 6 à 30 cycles par minute. On peut également utiliser des impulsions dues aux décharges d'un condensateur chargé sous une tension de l'ordre de 1000 à 3000 volts. On peut également utiliser un courant alternatif asymétrique ayant une fréquence de l'ordre de 1 à 10 Hz.

Le brevet U.S. 3 417 823 (S. R. FARIS) décrit un procédé suivant lequel on place une anode et une cathode dans un même puits et on déplace l'eau vers la cathode par électro-osmose.

Le brevet U.S. 3 642 066 (William G. GILL) décrit un procédé de récupération assistée selon lequel on place une cathode dans un puits producteur et une anode dans un puits auxiliaire pour déplacer l'eau de la formation vers l'anode et le pétrole vers la cathode. On applique entre anode et cathode une différence de potentiel continue mais pulsée. Les électrodes pénètrent dans la formation réservoir.

Les brevets U.S. 3 724 543 et 3 782 465 (Christy W. BELL et Charles H. TITUS) décrivent des dispositifs selon lesquels on place une anode de petite surface dans une cavité située au milieu de la formation et on injecte de l'eau conductrice autour de cette anode. On établit une différence de potentiel continue de plusieurs milliers de volts entre cette anode et le cuvelage d'un puits producteur qui sert de cathode. L'eau chauffée autour de l'anode migre vers la cathode, sous l'effet de la pression et de l'électro-osmose, en entraînant le pétrole.

Ces brevets montrent qu'il est connu d'utiliser une différence de potentiel unidirectionnelle, continue ou pulsée, pour favoriser la migration du pétrole vers une électrode par un effet d'électro-osmose en milieu poreux qui peut se cumuler avec un échauffement et avec une électrolyse de l'eau salée contenue dans la formation.

L'objectif de la présente invention est de procurer une méthode de récupération assistée utilisant l'énergie électrique en optimisant le bilan de l'opération, c'est-à-dire le rapport entre le pétrole supplémentaire que l'on peut récupérer et l'énergie électrique dépensée.

Des essais ont été effectués en laboratoire sur des échantillons de terrains en forme de carotte de sondage.

Ces échantillons de roche ont été d'abord lavés et séchés puis saturés en eau salée. On effectue ensuite une circulation d'huile à travers ces échantillons jusqu'à saturation irréductible en eau. Par différence, on connaît le pétrole imprégnant la roche.

On applique une différence de potentiel unidirectionnelle entre les deux extrémités longitudinales de la carotte pendant des durées déterminées et on mesure la quantité de pétrole supplémentaire qui est extraite de l'échantillon soit pendant l'application du courant, soit après et on étudie comment varie la quantité de pétrole supplémentaire extrait de l'échantillon, en fonction de paramètres tels que le champ électriques, l'intensité du courant et la durée d'application de celui-ci et des périodes de repos alternant avec des périodes de mise sous tension.

Ces essais ont confirmé que si l'on extrait le pétrole uniquement par balayage hydraulique en créant une différence de pression entre les deux extrémités de l'échantillon, lorsqu'on n'arrive plus à extraire du pétrole, on n'a récupéré qu'une faible partie du pétrole imprégnant initialement l'échantillon. (La récupération par balayage hydraulique est d'environ 40 à 50% pour la plupart des échantillons en laboratoire, et de 15 à 20% en général pour un gisement).

Si l'on applique pendant un certain temps une différence de potentiel unidirectionnelle entre les deux extrémités de l'échantillon, on obtient une récupération de pétrole supplémentaire au cours d'une mise en production simultanée ou consécutive à l'application du champ électrique.

La quantité de pétrole supplémentaire récupérée est indépendante du sens de mise en production par rapport à la direction d'application du champ électrique, ce qui permet de supposer que le champ électrique a pour effet de favoriser l'aptitude au déplacement du pétrole qui peut ensuite être déplacé dans n'importe quel sens. Le champ électrique agirait donc non pas pour entraîner le pétrole vers la cathode ou vers l'anode, mais pour rompre certaines liaisons qui retiennent le pétrole dans la formation telles que des forces capillaires ou des tensions superficielles et, une fois ces liaisons rompues, le pétrole serait rendu plus mobile.

Des essais ont été conduits pour déterminer sur échantillons comment variait le bilan énergétique, c'est-à-dire la quantité de pétrole supplémentaire que l'on peut récupérer en fonction du temps d'application d'un champ électrique déterminé et donc de la puissance électrique consommée.

Ces essais ont montré que le bilan énergétique reste sensiblement stable pendant une période déterminée d'application d'un champ électrique déterminé, qui varie de quelques jours à quelques mois, selon la nature de la formation et la valeur du champ électrique. La stabilité du bilan signifie que la quantité de pétrole supplémentaire que l'on peut récupérer varie dans le même sens que la durée d'application du champ et que le bilan, c'est-à-dire le rapport entre la quantité de pétrole récupérée et l'énergie électrique dépensée, reste sensiblement constant pour des périodes d'application du courant ne dépassant pas une limite supérieure. Par contre, pour des durées d'application du champ électrique plus longues, le bilan décroît et, quel que

soit le coût relatif du pétrole et de l'énergie électrique, il y a un seuil au delà duquel le bilan économique devient défavorable.

Ces essais montrent qu'il est donc important, dans le cas de chaque gisement, de déterminer préalablement la durée maxima d'application du champ électrique, pour éviter de continuer à dépenser de l'énergie électrique pour un résultat inférieur au bénéfice que l'on en retire, et la durée optima pour laquelle le bilan est le meilleur.

Il était naturel de considérer que lorsqu'on avait appliqué un champ électrique pendant une première période à l'issue de laquelle la récupération de pétrole supplémentaire était devenue inférieure à un seuil économique, cela signifiait que tout le pétrole récupérable par ce procédé était épuisé et qu'il était inutile de recommencer et c'est ce qui a été dans les procédés électriques connus à ce jour.

Toutefois les essais sur échantillon ont montré ce résultat surprenant que si l'on appliquait à nouveau un champ électrique après une période d'interruption du courant, ayant une durée comprise entre quelques jours et quelques mois, selon la nature des terrains, on obtenait une nouvelle récupération de pétrole supplémentaire avec un bilan économique qui reste favorable pour une nouvelle durée d'application du champ électrique.

On peut ainsi répéter les cycles d'application d'un champ électrique comportant des périodes successives d'application d'un champ électrique unidirectionnel, ayant des durées déterminées de l'ordre de quelques jours à quelques mois selon la nature de gisement, lesquelles périodes de drainage électrique sont séparées par des périodes de repos électrique ayant une durée de l'ordre de quelques jours à quelques mois selon la nature des terrains.

L'explication du phénomène est mal connue.

On peut comparer ce phénomène à un cycle de polarisations et de dépolarisations.

Les essais effectués sur échantillons ont montré que la récupération de pétrole supplémentaire est sensible, même dans le cas où le champ électrique est faible de l'ordre de 0,1 V/m. Bien entendu, on peut utiliser des gradients de potentiel plus élevés ou moins élevés. Un champ faible appliqué pendant un temps long donne un résultat équivalent à un champ plus fort, par exemple 1 V/m, appliqué pendant un temps plus court.

La quantité de pétrole récupérée est donc sensiblement proportionnelle à l'énergie électrique fournie tant que les durées d'application du champ restent inférieures à une durée déterminée.

On a donc intérêt à utiliser un champ faible afin de minimiser les pertes dues aux échauffements par effet Joule.

L'extraction de pétrole supplémentaire n'a pas lieu nécessairement en même temps que l'application du champ électrique. Elle peut se poursuivre après que l'on a interrompu la différence de potentiel.

Des essais ont été réalisés sur des échantil-

lons en appliquant un champ électrique alternatif ayant une fréquence comprise entre quelques Hz et quelques KHz.

Ces essais ont montré que, dans les mêmes conditions, l'on n'obtenait pas avec un champ alternatif un effet d'amélioration de la récupération de pétrole aussi bon que celui qui est obtenu en appliquant un champ électrique unidirectionnel, continu ou pulsé.

La présente invention a pour objet des procédés de récupération assistée du pétrole contenu dans une formation réservoir à partir d'un puits qui s'étend jusqu'à ladite formation.

Les procédés selon l'invention sont du type connu dans lequel on déplace le pétrole en appliquant une différence de potentiel unidirectionnelle, continue ou pulsée, entre deux électrodes dont l'une au moins est placée dans ledit puits.

Les essais sur échantillons conduisent à proposer un procédé de ce type dans lequel on applique la différence de potentiel unidirectionnelle pendant des périodes ayant une durée comprise entre quelques jours et quelques mois, lesquelles périodes sont séparées par des périodes de repos électrique ayant une durée comprise entre quelques jours et quelques mois et on répète ces cycles de périodes alternées jusqu'à ce que la quantité de pétrole récupérée tombe au-dessous d'un seuil de rentabilité.

De préférence, la durée des périodes d'application du champ électrique unidirectionnel est sensiblement égale à la durée des périodes de repos.

Avantageusement, on pourra éloigner l'électrode inférieure, afin d'obtenir une meilleure répartition du champ électrique, dans les limites de puissance utilisable.

Avantageusement, on pourra être amené à faire varier d'une manière discontinue l'espace-ment vertical des deux électrodes ainsi que la puissance injectée entre ces deux électrodes, pendant l'exploitation du gisement ou l'application du courant. A cet effet, on pourra, lors de l'équipement préliminaire, effectuer un approfondissement de puits tenant compte de la profondeur maximum de l'électrode basse.

Avantageusement, avant chaque période d'application de la différence de potentiel, on peut injecter dans la formation réservoir, autour du puits, une lentille d'un liquide de haute résistivité, par exemple de l'eau pure.

Un dispositif selon l'invention pour récupérer une quantité supplémentaire de pétrole à partir d'un puits qui est équipé d'un cuvelage métallique s'étendant au moins jusqu'au toit d'une formation réservoir et la traversant ou non, comporte:

- une électrode de grande longueur qui est disposée dans le fond dudit puits dans un milieu électroconducteur qui établit un bon contact électrique entre ladite électrode et le terrain encaissant situé au-dessous de ladite formation réservoir;
- une source de tension unidirectionnelle si-

tuée en surface;

- des moyens conducteurs électriques pour relier la borne positive de ladite source à ladite électrode, lesquels moyens conducteurs sont isolés de ladite formation et dudit cuvelage;
- des moyens pour connecter la borne négative de ladite source à l'extrémité supérieure dudit cuvelage;
- et des moyens pour appliquer la tension unidirectionnelle délivrée par ladite source, de façon continue ou pulsée avec une fréquence de l'ordre de plusieurs pulsations à la minute, pendant des périodes déterminées de plusieurs jours à plusieurs mois alternant avec des périodes de repos de plusieurs jours à plusieurs mois.

La distance verticale entre l'électrode et l'extrémité inférieure du cuvelage conducteur est d'au moins 40 mètres.

Les procédés et dispositifs selon l'invention permettent de récupérer une production supplémentaire de pétrole à partir d'un puits en dépendant une énergie électrique dont le coût est inférieur à la valeur économique du pétrole supplémentaire récupéré. Par rapport aux procédés d'électro-osmose connus qui appliquent une tension unidirectionnelle sans interruption, jusqu'à épuisement du pétrole récupérable par ce procédé, le procédé et le dispositif selon l'invention permettent d'accroître la quantité totale de pétrole que l'on peut extraire d'un puits en alternant des périodes d'application d'une tension unidirectionnelle avec des périodes de repos électrique pendant lesquelles la production peut se poursuivre.

Les procédés et dispositifs selon l'invention permettent de séparer les phases d'application de la tension électrique et les phases de production. Ils permettent d'accroître la production d'un puits en plaçant les deux électrodes dans le même puits tout en influençant un volume important de la formation situé autour du puits.

Un des avantages des procédés et dispositifs selon l'invention, dans lesquels les deux électrodes sont placées dans un même puits, réside dans le fait qu'ils permettent de choisir la distance entre électrodes, ce qui n'est pas le cas lorsque les électrodes sont placées dans deux puits différents et de faire varier cette distance.

La description suivante se réfère aux dessins annexés qui représentent, sans aucun caractère limitatif, des dispositifs pour la mise en oeuvre des procédés selon l'invention.

Les figures 1 à 4 sont des coupes verticales d'un puits de production représentant des exemples dans lesquels les deux électrodes sont situées dans un même puits.

La figure 5 est une coupe verticale montrant un exemple de mise en oeuvre du procédé utilisant deux puits.

La figure 1 représente un puits 1 qui est foré dans le sol et qui s'étend jusqu'à une formation réservoir 2 contenant du pétrole et de l'eau. Le

puits 1 est, par exemple, un puits producteur. Une garniture d'étanchéité 11 divise la formation en deux parties, une partie supérieure 2a qui correspond aux couches productrices de pétroles à un moment déterminé de l'exploitation du gisement et une partie inférieure 2b qui correspond à des couches contenant de l'eau, généralement salée.

Le puits 1 est équipé d'un cuvelage métallique 3 (casing) qui se termine par un sabot 3a situé au toit de la formation réservoir. Il s'agit dans cet exemple d'un puits dit en découvert. Le puits 1 est normalement équipé d'un tubage de production 4 dont l'extrémité supérieure est connectée sur une conduite 5 de production. Le tubage 4 peut être équipé comme le représente la figure 1, d'une pompe comportant un piston 6 mû par une tige 7 qui traverse un presse-étoupe d'étanchéité 8.

Dans l'exemple représenté, le puits comporte une colonne suspendue isolante 25 ayant un diamètre inférieur à celui du cuvelage dont l'extrémité supérieure est accrochée à une garniture d'étanchéité 21 fixée au cuvelage 3. Cette colonne suspendue 25 est en un matériau isolant tel qu'une résine armée de fibre de verre. Elle traverse la formation 2 et comporte des perforations 25a à la traversée de la formation réservoir 2a.

L'extrémité inférieure du tubage de production 4 est située au-dessus de l'extrémité supérieure de la colonne suspendue 25 et au-dessus du toit de la formation réservoir 2.

L'extrémité inférieure du tubage de production 4 est équipée d'un clapet anti-retour 30. Une étanchéité 31 est disposée entre le clapet 30 et l'extrémité supérieure de la colonne suspendue 25 qui comporte un élargissement 32.

Le forage de production 1 descend normalement jusqu'au mur de la formation réservoir 2.

Pour une mise en oeuvre du procédé selon l'invention dans laquelle les deux électrodes sont placées dans un même puits, il est avantageux de prolonger le forage au-dessous du mur de la formation réservoir sur une hauteur comprise entre 20 m et 500 m selon les cas.

La figure 1 représente un puits qui s'étend au-dessous du mur. La colonne suspendue 25 se prolonge également au-dessous du mur et l'extrémité inférieure de la colonne 25 est située à une distance de l'ordre de 10 m au-dessus du fond du puits.

Une électrode 9 est placée au fond du puits dans un milieu électroconducteur 9a qui établit un bon contact électrique entre l'électrode 9 et le terrain encaissant. Le milieu électroconducteur peut être de l'eau salée provenant des couches 2b de la formation. Ce peut être également un liquide non électrolysable contenant des particules conductrices, ou une poudre métallique ou un alliage métallique qui fond à basse température, par exemple un alliage de bismuth, plomb, étain, cadmium et antimoine.

L'électrode 9 a une grande longueur, supérieure à plusieurs mètres, de sorte que la densité

de courant au départ de l'électrode est réduite, ce qui permet d'éviter une élévation de température par effet Joule et de diminuer la corrosion.

5 Dans le mode de réalisation selon la figure 1, l'électrode 9 est placée à l'extrémité inférieure d'une tige conductrice 33 qui est revêtue d'une gaine isolante 10, qui isole la tige 33 sur toute sa longueur, à l'exception de l'extrémité inférieure qui sert d'électrode 9. De préférence, l'extrémité inférieure est amovible afin de faciliter le remplacement de l'électrode en cas d'usure de celle-ci. Une garniture d'étanchéité 34 est placée entre le revêtement isolant 10 et la colonne suspendue 25, à un niveau égal ou inférieur à celui de la garniture 11.

10 La tige conductrice 33 est fixée à l'extrémité inférieure du corps du clapet 30 par une fixation qui assure la continuité électrique et qui comporte des perforations pour le passage du pétrole. Le tubage de production 4 sert de conducteur pour mettre l'électrode 9 sous tension.

15 L'extrémité supérieure du tubage 4 est reliée à une borne d'une source 22 de tension unidirectionnelle, continue ou pulsée, et l'extrémité supérieure du cuvelage 3 est reliée à l'autre borne de la source 22. De préférence, le tubage 4 est relié à la borne de polarité positive et l'électrode 9 est une anode.

20 Ce choix des polarités permet que les phénomènes de corrosion électrolytique qui peuvent intervenir à l'anode 9 ont lieu sur l'électrode qui est fixée au tubage 4 et qui est facile à sortir du puits 1 et à remplacer.

25 Le cuvelage 3 est normalement un cuvelage métallique conducteur qui est en contact électrique avec les terrains encaissants.

30 Le tubage producteur 4 qui sert de conducteur est isolé du cuvelage conducteur par une colonne isolante 14 qui délimite avec le cuvelage 3 et avec le tubage 4, deux conduits annulaires coaxiaux 15 et 16 qui communiquent par leur extrémité inférieure.

35 On peut faire circuler un liquide isolant, par exemple une huile minérale, entre le cuvelage 3 et le tubage 4 afin d'extraire les calories dues à l'échauffement du tubage 4, par effet Joule. Par exemple, les extrémités supérieures des conduits annulaires 15 et 16 sont connectées respectivement sur des canalisations 17 et 18 qui constituent l'aller et le retour d'un circuit d'huile isolante qui est refoulée par une pompe 19 et qui retourne dans un bac à huile 20.

40 La tension délivrée par la source 22 est une tension unidirectionnelle élevée, comprise par exemple entre 200 V et plusieurs milliers de volts.

45 La tension unidirectionnelle peut être appliquée de façon continue ou de façon pulsée avec des fréquences de l'ordre de plusieurs pulsations à la minute.

50 La tension unidirectionnelle est appliquée pendant une première période de longue durée, de plusieurs jours à plusieurs mois, après quoi on arrête l'application du courant électrique pendant une deuxième période de longue durée,

c'est-à-dire une période de plusieurs jours à plusieurs mois ayant par exemple la même durée que la période précédente. Pendant cette deuxième période, l'extraction du pétrole peut se poursuivre.

On recommence ensuite de nouveaux cycles d'application du courant et de repos électrique jusqu'à ce que la production de pétrole tombe au-dessous d'un seuil où la valeur économique du pétrole extrait au cours d'un cycle est inférieure au coût de l'énergie électrique dépensée au cours de ce même cycle.

La disposition selon la figure 1 permet de disposer deux électrodes dans un même puits avec une distance entre électrodes qui peut être grande, par exemple de l'ordre de plusieurs centaines de mètres, de sorte que le volume de la formation parcouru par les lignes de force du champ électrique allant de l'anode 9 à la cathode est importante.

La distance entre l'anode 9 et l'extrémité inférieure du cuvelage 3 servant de cathode est supérieure à 40 mètres afin d'influencer un volume de formation suffisant.

On remarquera que dans cet exemple, ni l'anode, ni la cathode ne se trouvent dans la formation réservoir, à la différence des procédés connus dans lesquels on cherche à canaliser le pétrole vers l'une des électrodes, généralement vers la cathode, qui est placée dans la formation. Le champ électrique est utilisé pour mobiliser le pétrole en modifiant les forces d'attraction capillaires, après quoi le pétrole chemine vers le puits par les procédés habituels, par exemple par balayage hydraulique.

On représente sur la figure 1 une lentille de liquide peu conducteur 23 qui peut être injecté dans la formation réservoir 2 autour du puits à partir du tubage 4 avant l'application de la tension électrique. Le liquide 23 est un liquide de forte résistivité, par exemple de l'eau pure. Il forme autour du puits, entre l'électrode et l'extrémité inférieure du cuvelage 3, une zone annulaire de grande résistivité, de sorte qu'il permet une plus grande pénétration du courant électrique dans la formation 2a d'où la possibilité d'améliorer la récupération dans un plus grand volume de formation autour d'un seul puits.

La figure 2 représente une application de l'invention dans le cas d'un puits producteur 1 dont l'équipement comporte un cuvelage perforé 3 qui traverse la formation réservoir 2 et dont le sabot 3a est situé au mur de la formation. Les parties homologues sont représentées par les mêmes repères sur les figures 1 et 2.

Dans cet exemple, le puits est également approfondi au-delà du mur de la formation sur une hauteur comprise entre 20 m et 500 m et il est équipé d'une colonne suspendue isolante 25 dont l'extrémité supérieure est accrochée à la garniture 11 qui sépare les couches productrices 2a des couches sous-jacentes 2b.

Le cuvelage conducteur 3 est surforé dans une partie qui se situe au-dessous des perforations et dans la couche 2b sous-jacente à la couche

productrice 2a. Le surforage est rempli d'un anneau de matière isolante 13 qui pénètre dans la formation 2b.

Le boîtier du clapet 30 est isolé électriquement du cuvelage 3 et la garniture d'étanchéité 31 est en même temps une garniture isolante. Toutes les autres parties de la figure 2 sont analogues aux parties homologues de la figure 1.

Comme dans le cas de la figure 1, l'électrode 9 est une anode qui est reliée à la borne positive d'une source de tension unidirectionnelle 22, le cuvelage 3 étant relié à la borne négative de la source 22. L'anode 9 et l'extrémité inférieure du cuvelage 3 située au-dessus de l'anneau isolant 13 sont situées à une distance d'au moins 40 mètres, qui peut atteindre plusieurs centaines de mètres. La tension continue délivrée par la source 22 est comprise entre 200 V et 10 000 V. La résistance équivalente au volume de formation situé entre les deux électrodes est de l'ordre de quelques ohms et l'intensité du courant est comprise entre quelques centaines et quelques milliers d'ampères.

La figure 3 représente une coupe verticale d'un autre exemple d'application du procédé selon l'invention. Cet exemple représente un puits de production avec une double colonne. Une colonne de production 4, et une colonne d'électrode qui comprend un conducteur 33 entouré d'un manchon isolant 10.

Le cuvelage métallique 3 traverse la formation réservoir 2, et comporte des perforations 27 dans la traversée de celle-ci.

Le puits est foré au-dessous du sabot 3a du cuvelage sur une hauteur de 40 m et plus, selon les applications.

Dans cet exemple, l'anode 9 peut être déplacée en montant ou en abaissant la colonne électrique, en cours d'exploitation du procédé, modifiant ainsi l'espacement des électrodes. Le forage au-dessous du sabot 3a tiendra compte au départ de la position la plus basse de l'électrode.

La figure 4 représente un montage analogue à celui de la figure 1. La seule différence réside dans le fait que le cuvelage métallique 3 comporte un manchon isolant 13 destiné à isoler électriquement la partie inférieure du cuvelage de la partie supérieure.

Comme le cuvelage 3 des puits producteurs 1 est déjà en place et est constitué généralement de tubes métalliques, on sectionne le cuvelage sur une hauteur de plusieurs mètres par un surforage qui se situe à une distance de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de mètres au-dessus du toit de la formation.

Après avoir effectué le surforage, on remplit l'espace surforé d'un anneau 13 d'une matière isolante, par exemple d'une résine polymérisable qui pénètre dans les terrains encaissants. Cette solution permet de reporter l'extrémité inférieure de la cathode au-dessus de l'anneau isolant 13, c'est-à-dire à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du toit de la formation réservoir.

Une autre solution, dans le cas où le puits n'est pas déjà équipé d'un cuvelage métallique,

consiste à l'équiper d'un cuvelage comportant, dans sa partie inférieure, un tronçon isolant de plusieurs dizaines de mètres, par exemple un tronçon en résine armée de fibres de verre.

La figure 5 représente un autre exemple d'application du procédé selon l'invention, dans lequel les deux électrodes sont espacées horizontalement en étant placées dans deux puits 1 et 1a. Les puits 1 et 1a peuvent être des puits producteurs, par exemple des puits équipés d'un cuvelage perforé 3, qui traverse la formation réservoir 2 et d'un tubage de production 4.

Dans l'exemple représenté, on utilise deux sources de tension continue 22a, 22b qui délivrent deux tensions unidirectionnelles différentes ou égales.

Le tubage 4 et le cuvelage 3 de l'un des puits, par exemple le puits 1a, sont connectés en parallèles sur la borne négative d'une source de tension continue 22a.

Le tubage 4 de l'autre puits porte à son extrémité inférieure une électrode 9 et il est connecté sur les bornes positives des deux sources 22a, 22b.

Le montage du puits 1 est essentiellement le même que l'un des montages décrits dans les figures 1, 2, 3.

Dans cette application, le cuvelage 3 du puits 1 est également connecté sur la borne négative de la source 22b comme le représente la figure 5, mais cette connexion pourrait être supprimée ainsi que la source 22b.

Pour améliorer la récupération du pétrole contenu dans une formation 2, on peut utiliser un ou plusieurs puits comme cathode et un ou plusieurs puits comme anode. Cette technique se prête à une production par balayage au moyen d'un fluide sous pression ou par pompage, l'électrode placée dans chaque puits pouvant être constituée par le cuvelage, le tubage ou par une électrode suspendue à un câble.

Cette dernière solution est un extension des dispositifs selon les figures 1, 2 ou 3, dans laquelle on relie la borne négative de la source 22b, non seulement au cuvelage d'un premier puits contenant l'anode, mais également au cuvelage de plusieurs autres puits producteurs entourant le premier puits, de telle sorte que l'on améliore la récupération dans tous les puits. Tous les puits, aussi bien ceux qui contiennent l'anode que les cathodes, peuvent être producteurs et les puits d'injection d'eau pour le balayage hydraulique sont dissociés des puits servant à l'injection du courant.

Les exemples qui viennent d'être décrits présentent les caractéristiques communes suivantes.

La cathode est constituée par la partie supérieure du cuvelage métallique conducteur qui est le cuvelage équipant normalement le puits.

L'anode est une anode de grande longueur qui est située, de préférence, au-dessous de la formation réservoir, ce qui peut nécessiter de reprendre le forage d'un puits pour l'approfondir. La position de cette anode pourra, dans certains

cas, être modifiée, au cours de l'exploitation du procédé, afin de faire varier l'espacement des électrodes, ce qui permet de faire varier le volume de formation soumis à un champ électrique déterminé et de faire varier le champ électrique. On peut faire varier la tension entre électrodes en même temps que l'on déplace celles-ci.

Dans le cas où les deux électrodes sont dans le même puits, la distance qui sépare l'anode de l'extrémité inférieure de la cathode est d'au moins 40 mètres et peut atteindre plusieurs centaines de mètres, afin que les lignes de force du champ électrique, englobent un volume de formation important.

Selon une variante, la tige 33 qui relie électriquement le corps du clapet 30 à l'anode 9, peut être remplacée par une chaîne métallique qui est suspendue au corps de clapet et qui pend jusqu'au fond du puits. La longueur de cette chaîne est supérieure à la hauteur séparant le corps de clapet du fond du puits, de telle sorte qu'une partie de la chaîne est lovée au fond du puits et remplace le milieu électroconducteur 9a. Cette solution permet de remplacer facilement la chaîne ou une partie de celle-ci usée par la corrosion électrolytique. La chaîne est enfilée dans un manchon ou une gaine isolante 10 à l'exception de la partie lovée qui sert d'électrode.

Bien entendu, la tige 33 peut être également remplacée par un câble conducteur.

## Revendications

35. 1. Procédé électrique de récupération assistée du pétrole contenu dans une formation réservoir (2), à partir d'un puits (1) qui s'étend jusqu'à ladite formation, selon lequel on applique une différence de potentiel unidirectionnelle, continue ou pulsée, entre deux électrodes (9, 3) dont l'une (9) au moins est placée dans ledit puits (1), caractérisé en ce qu'on applique ladite différence de potentiel unidirectionnelle pendant des périodes ayant une durée comprise entre quelques jours et quelques mois, qui sont séparées par des périodes de repos électrique ayant une durée comprise entre quelques jours et quelques mois et on répète ces cycles de périodes alternées jusqu'à ce que la quantité de pétrole récupérée tombe au-dessous d'un seuil de rentabilité.

40. 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la durée des périodes d'application du champ électrique unidirectionnel est sensiblement égale à la durée des périodes de repos.

45. 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on applique la différence de potentiel unidirectionnelle entre une anode (9) placée au-dessous de la formation réservoir (2) et une cathode (3) placée, dans le même puits (1), au-dessus de la formation réservoir (2).

50. 4. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, avant une période d'application de la différence de potentiel, on injecte dans la

formation réservoir (2), autour du puits (1), une lentille d'un liquide ayant une forte résistivité, par exemple de l'eau pure (23).

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'on fait varier, l'espacement vertical des deux électrodes (9, 3) ainsi que la puissance injectée entre ces deux électrodes, pendant l'exploitation du gisement, ou pendant l'application du courant.

6. Dispositif électrique de récupération assistée du pétrole contenu dans une formation réservoir (2), à partir d'un puits (1), qui est équipé d'un cuvelage métallique (3) s'étendant au moins jusqu'au toit de ladite formation réservoir (2), caractérisé en ce qu'il comporte:

- une électrode de grande longueur (9), qui est disposée dans le fond dudit puits (1) dans un milieu électroconducteur (9a) qui établit un bon contact électrique entre ladite électrode (9) et le terrain encaissant situé au-dessous de ladite formation réservoir (2);
- une source de tension unidirectionnelle (22) située en surface;
- des moyens conducteurs électriques pour relier la borne positive de ladite source (22) à ladite électrode (9), lesquels moyens conducteurs sont isolés (10, 11) de ladite formation (2) et dudit cuvelage;
- des moyens pour connecter la borne négative de ladite source (22) à l'extrémité supérieure dudit cuvelage (3);
- et des moyens pour appliquer la tension unidirectionnelle délivrée par ladite source (22), de façon continue, ou pulsée avec une fréquence de l'ordre de plusieurs pulsations à la minute, pendant des périodes déterminées de plusieurs jours à plusieurs mois alternant avec des périodes de repos de plusieurs jours à plusieurs mois.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la distance verticale entre ladite électrode (9) et l'extrémité inférieure du cuvelage conducteur (3) est d'au moins 40 mètres.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'extrémité inférieure dudit cuvelage (3) est isolée électriquement, sur une hauteur de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de mètres, de la partie supérieure métallique qui sert de cathode.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit cuvelage métallique (3) est sectionné sur une hauteur de plusieurs mètres par un surforage situé à une distance de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de mètres au-dessus de toit de la formation (2) et l'espace surforé est rempli d'un anneau de résine isolante (13).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que ledit puits (1) est approfondi sur une hauteur de l'ordre de 20 m à 500 m au-dessous de ladite formation (2) et ladite électrode (9) est placée dans ledit approfondissement qui est rempli d'un milieu électroconducteur (9a) dans le fond de celui-

ci ou à une hauteur intermédiaire entre le bas du cuvelage (3) métallique et le fond.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, comportant un tubage de production (4) dont l'extrémité inférieure est équipée d'un clapet anti-retour (30), caractérisé en ce que ladite électrode (9) est placée à l'extrémité d'une tige conductrice (33) dont l'extrémité supérieure est reliée électriquement à l'extrémité inférieure dudit tubage de production (4) dont l'extrémité supérieure est connectée à la borne positive de ladite source (22) de tension unidirectionnelle, laquelle tige (33) est située dans un approfondissement du puits (1) au delà du mur de la formation (2) et est revêtue d'une gaine isolante (10) à l'exception d'une longueur de plusieurs mètres situées à l'extrémité inférieure qui sert d'anode (9) et qui est plongée dans un milieu électroconducteur (9a) qui remplit le fond du puits (1).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que ladite électrode (9) est constituée par une chaîne métallique qui est lovée au fond dudit approfondissement et qui est placée à l'intérieur d'une gaine isolante à l'exception de l'extrémité inférieure lovée.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 12, utilisée dans un champ d'exploitation comportant plusieurs autres puits (1, 1a), équipés d'un cuvelage (3), disposés autour d'un premier puits (1), dans le fond duquel est placée ladite électrode (9), caractérisé en ce que les cuvelages (3) de tous les autres puits (1a...) sont connectés à la borne négative d'une deuxième source (22a, 22b) de tension unidirectionnelle dont la borne positive est connectée à ladite électrode (9).

40

### Patentansprüche

1. Elektrisches Verfahren zur unterstützenden Gewinnung von in einer Lagerstättenformation (2) enthaltenem Erdöl von einem bis zur Formation reichenden Bohrloch (1) aus, bei welchem eine kontinuierliche oder gepulste Gleichspannung zwischen zwei Elektroden (9, 3), von denen zumindest eine (9) im Bohrloch (1) angeordnet ist, angelegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannung während Perioden von einer Dauer zwischen einigen Tagen und einigen Monaten angelegt wird, welche von Perioden elektrischer Ruhe von einer Dauer zwischen einigen Tagen und einigen Monaten unterbrochen werden, und diese abwechselnden Periodenzyklen wiederholt werden, bis die Menge an gewonnenem Erdöl unter eine Rentabilitätsschwelle fällt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dauer der Perioden des Anlegens des Gleichstromfeldes im wesentlichen gleich ist der Dauer der Ruheperioden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannung zwischen einer unterhalb der Lagerstätten-

formation (2) angeordneten Anode (9) und einer im selben Bohrloch (1) oberhalb der Lagerstättenformation (2) angeordneten Kathode (3) angelegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß vor einer Periode des Anlegens der Gleichspannung eine Linse einer Flüssigkeit von hohem Leitungswiderstand, beispielsweise aus reinem Wasser (23), in die Lagerstättenformation (2) rund um das Bohrloch (1) injiziert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man den vertikalen Zwischenraum zwischen den beiden Elektroden (9, 3) sowie die zwischen diesen beiden Elektroden fließende Stromstärke während des Abbaus der Lagerstätte oder während des Anlegens von Strom variiieren läßt.

6. Elektrische Vorrichtung zur unterstützenden Gewinnung von in einer Lagerstättenformation (2) enthaltenem Erdöl von einem Bohrloch (1) aus, welches mit einem zumindest bis zur Decke der Lagerstättenformation (2) reichenden Metallausbau (3) ausgestattet ist, dadurch gekennzeichnet, daß sie folgendes umfaßt:

- eine Elektrode großer Länge (9), die im Boden des Bohrlochs (1) in einem elektrisch leitenden Medium (9a), das einen guten elektrischen Kontakt zwischen der Elektrode (9) und dem unterhalb der Lagerstättenformation (2) befindlichen Nebengestein herstellt, angeordnet ist;
- eine an der Oberfläche befindliche Gleichspannungsquelle (22);
- elektrische Leitermittel zum Verbinden der positiven Klemme der Quelle (22) mit der Elektrode (9), welche Leitermittel von der Formation (2) und der Verrohrung isoliert (10, 11) sind;
- Mittel zum Anschließen der negativen Klemme der Quelle (22) an das obere Ende des Ausbaus (3);
- und Mittel zum Anlegen der Gleichspannung, die von der Quelle (22) kontinuierlich oder gepulst mit einer Frequenz im Bereich von mehreren Impulsen pro Minute während vorbestimmter Perioden von mehreren Tagen bis mehreren Monaten, abwechselnd mit Ruheperioden von mehreren Tagen bis mehreren Monaten, geliefert wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Vertikalabstand zwischen der Elektrode (9) und dem unteren Ende des Leiterausbaus (3) wenigstens 40 m beträgt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das untere Ende des Ausbaus (3) über eine Höhe im Bereich von zehn oder mehreren zehn Metern vom oberen metallischen, als Kathode dienenden Teil elektrisch isoliert ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallausbau (3) über eine Höhe von mehreren Metern durch eine in ei-

nem Abstand im Bereich von zehn oder mehreren zehn Metern über der Decke der Formation (2) befindliche Umbohrung unterteilt ist und der umbohrte Raum mit einem Ring aus isolierendem Harz (13) gefüllt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Bohrloch (1) über eine Höhe von 20 bis 500 m unterhalb der Formation (2) eingetieft ist und die Elektrode (9) in der mit einem elektrisch leitenden Medium (9a) gefüllten Eintiefung im Boden der selben oder in einer Zwischenhöhe zwischen dem unteren Teil des Metallausbaus (3) und dem Boden angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9 mit einer Förderverrohrung (4), deren unteres Ende mit einer Rückschlagklappe (30) ausgestattet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode (9) am Ende einer leitenden Stange (33) angeordnet ist, deren oberes Ende elektrisch mit dem unteren Ende der Förderverrohrung (4) verbunden ist, deren oberes Ende an die positive Klemme der Gleichspannungsquelle (22) angeschlossen ist, welche Stange (33) sich in einer Eintiefung des Bohrlochs (1) jenseits des Liegenden der Formation (2) befindet und mit einer Isolierhülse (10) verkleidet ist, mit Ausnahme einer Länge von mehreren Metern am unteren, als Anode (9) fungierenden Ende, das in den Boden des Bohrlochs (1) ausfüllendes, elektrisch leitendes Medium (9a) eingetaucht ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode (9) durch eine Metallkette gebildet ist, die am Boden der Eintiefung aufgerollt und mit Ausnahme des unteren, aufgerollten Endes im Inneren einer Isolierhülse angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12 zur Verwendung in einem Förderfeld mit mehreren anderen, mit einem Ausbau (3) versehenen Bohrlöchern (1, 1a), die um ein erstes Bohrloch (1) angeordnet sind, in dessen Boden die Elektrode (9) plaziert ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbauten (3) aller anderen Bohrlöcher (1a, ...) an die negative Klemme einer zweiten Gleichspannungsquelle (22a, 22b), deren positive Klemme mit der Elektrode (9) verbunden ist, angeschlossen sind.

## Claims

1. Electrical method for promoting the recovery of oil contained in a reservoir formation (2), from an oil well (1) which extends as far as said formation, consisting in moving the oil by applying a direct or pulsed unidirectional potential difference between two electrodes (9, 3), one (9) of which at least is placed inside the well (1), characterized in that said unidirectional potential difference is applied for periods which can vary between a few days and a few months, which periods, alternating with OFF-periods (when no electric field is applied) which can vary between a few days and a few months, these cycles of

alternated periods being repeated until the quantity of oil recovered falls to below a threshold of profitability.

2. Method according to claim 1, characterized in that the periods of application of the unidirectional electric field are substantially equal in duration to the OFF-periods.

3. Method according to any one of claims 1 and 2, characterized in that the unidirectional potential difference is applied between an anode (9) placed under the reservoir formation (2) and a cathode (3) placed, inside the same well (1), above the reservoir formation (2).

4. Method according to claim 3, characterized in that before a period during which a potential difference is applied, it is possible to inject into the reservoir formation (2), around the well (1) a lemma of a highly resistive liquid, such as for example pure water (23).

5. Method according to claim 3, characterized in that the vertical distance between the two electrodes (9, 3) as well as the power injected therebetween, can be varied discontinuously, throughout the exploitation of the oil formation or during the application of the current.

6. Electrical device for promoting the recovery of oil contained in a reservoir formation (2), from a well which is equipped with a metallic casing (3) extending at least as far as the roof of said reservoir formation (2), characterized in that it comprises:

- a very long electrode (9) placed at the bottom of the well (1) in an electro-conductive medium (9a), which establishes a good electrical contact between the said electrode (9) and the enveloping strata beneath the said reservoir formation (2);
- a source of unidirectional voltage (22) situated on the surface;
- electro-conductive means permitting to connect the positive terminal of said source (22) to said electrode (9), said electro-conductive means being isolated (10, 11) from said formation (2) and from said casing;
- means connecting the negative terminal of said source (22) to the upper end of said casing (3);
- and means permitting to apply the unidirectional voltage supplied by said source (22), in direct or pulsed manner, with a frequency reaching several pulses per minute, for predetermined periods of several days to several months, alternating with OFF-periods of several days to several months.

7. Device according to claim 6, characterized in that the vertical distance between the electrode (9) and the lower end of the conductive casing (3) is at least 40 metres.

8. Device according to any one of claims 6 and 7, characterized in that the lower end of the casing (3) is electrically-insulated from the metallic upper part acting as cathode, over a height of between one and several scores of metres.

5 9. Device according to claim 8, characterized in that said metallic casing (3) is cut through over a height of several metres by an annular space situated at a distance of about one or more scores of metres above the roof of the formation (2) and said annular space is filled with a ring of insulating resin (13).

10 10. Device according to any one of claims 6 to 8, characterized in that said well (1) is deepened by about 20 to 500 metres below the said formation (2), and the said electrode (9) is placed in said deepened portion which contains an electro-conductive medium (9a) either at its bottom part or at some height between the bottom of the metallic casing (3) and said bottom part.

15 11. Device according to any one of claims 6 to 9, comprising a production tubing (4), the lower end of which is equipped with a non-return valve (30), characterized in that said electrode (9) is placed at the end of a conductive rod (33) of which the upper end is electrically connected to the lower end of the production tubing (4), the upper end of which tubing is connected to the positive terminal of said unidirectional voltage source (22), said rod (33) being situated inside a deepened portion of the well (1) beyond the wall of the formation (2) and being covered with an insulating sheath (10) except over several metres at the lower end, which acts as anode (9) and are contained in an electro-conductive medium (9a) provided at the bottom of the well (1).

20 12. Device according to any one of claims 6 to 9, characterized in that said electrode (9) is constituted by a metal chain which is coiled at the bottom of the deepened portion and which, except for its coiled lower part, is placed inside an insulating sleeve.

25 13. Device according to any one of claims 6 to 12, used in an oil-mining field comprising several other wells (1, 1a) equipped with a casing (3), and disposed around a first well (1), at the bottom of which is placed the said electrode (9), characterized in that the casings (3) of all the other wells (1a . . .) are connected to the negative terminal of a second source (22a, 22b) of unidirectional voltage, the positive terminal of which is connected to said electrode (9).

30

35

40

45

50

55

60

65

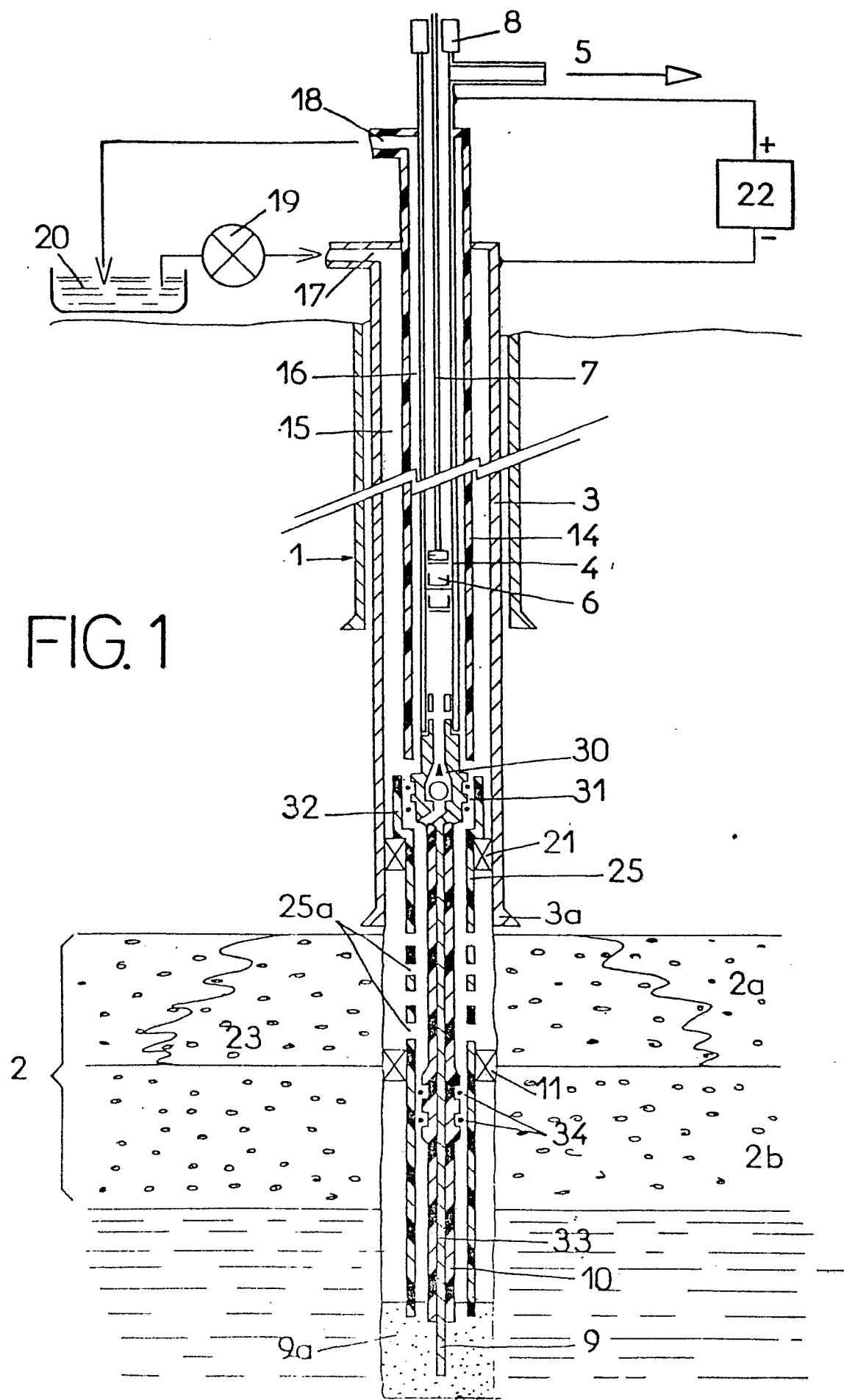


FIG. 2

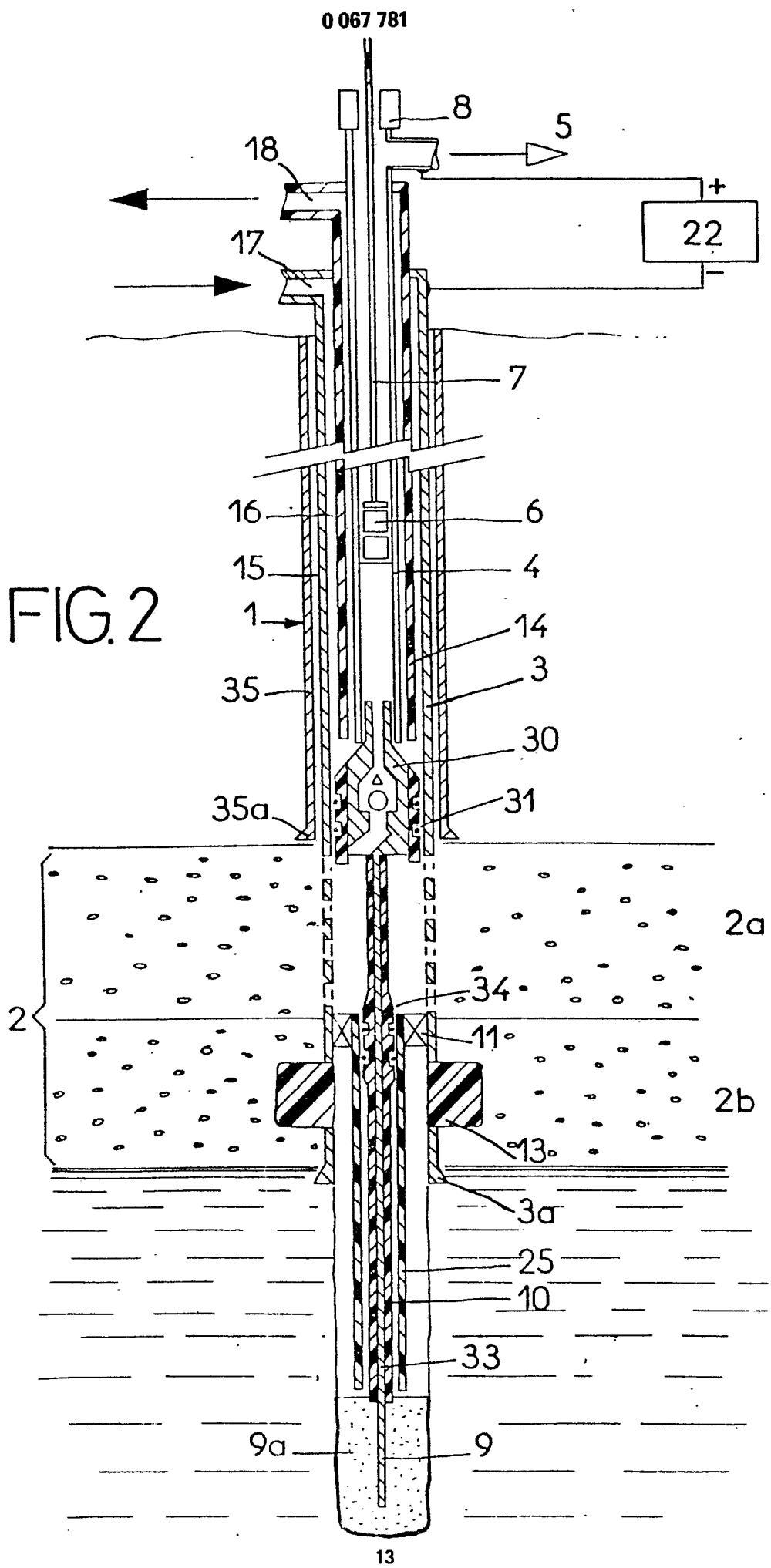
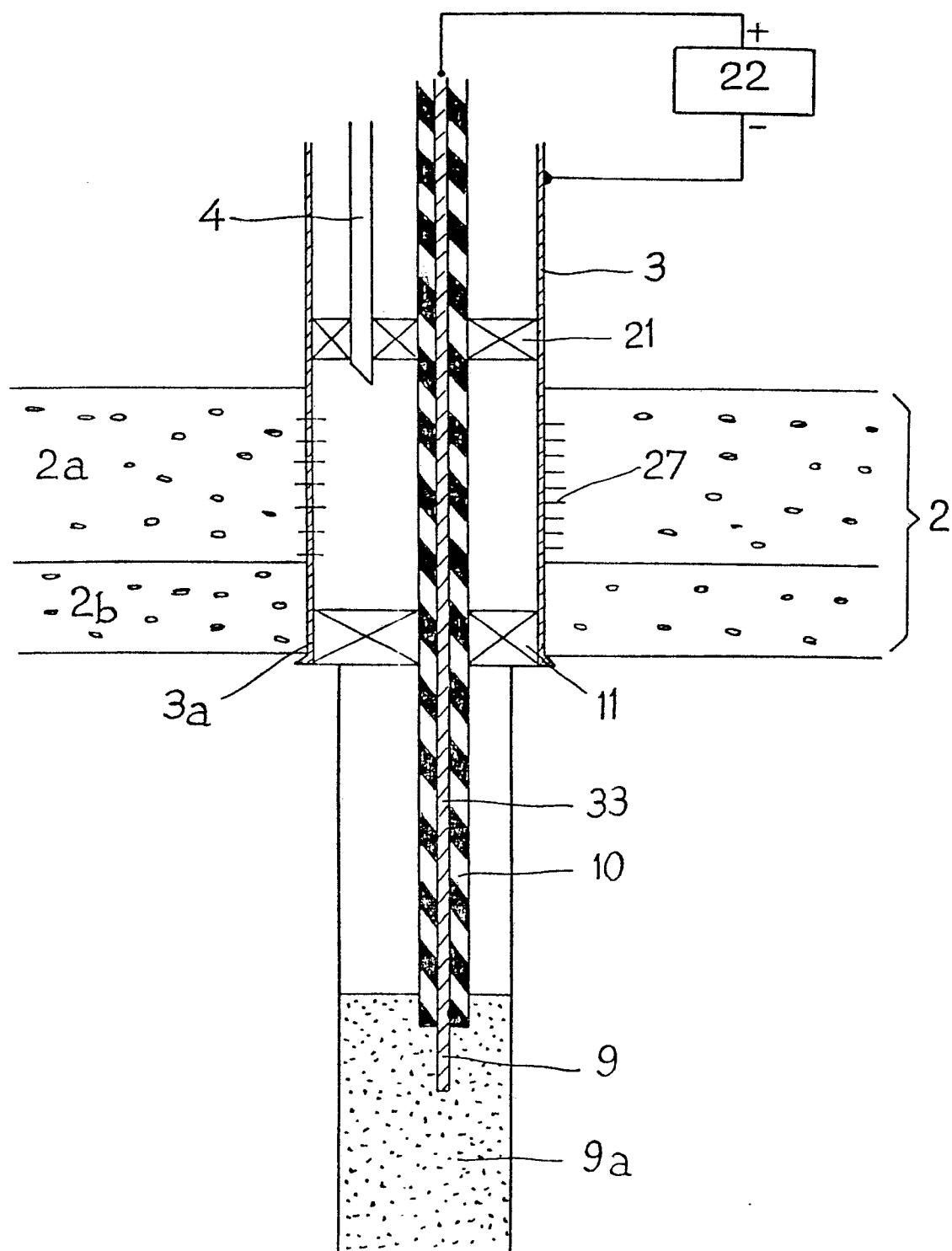
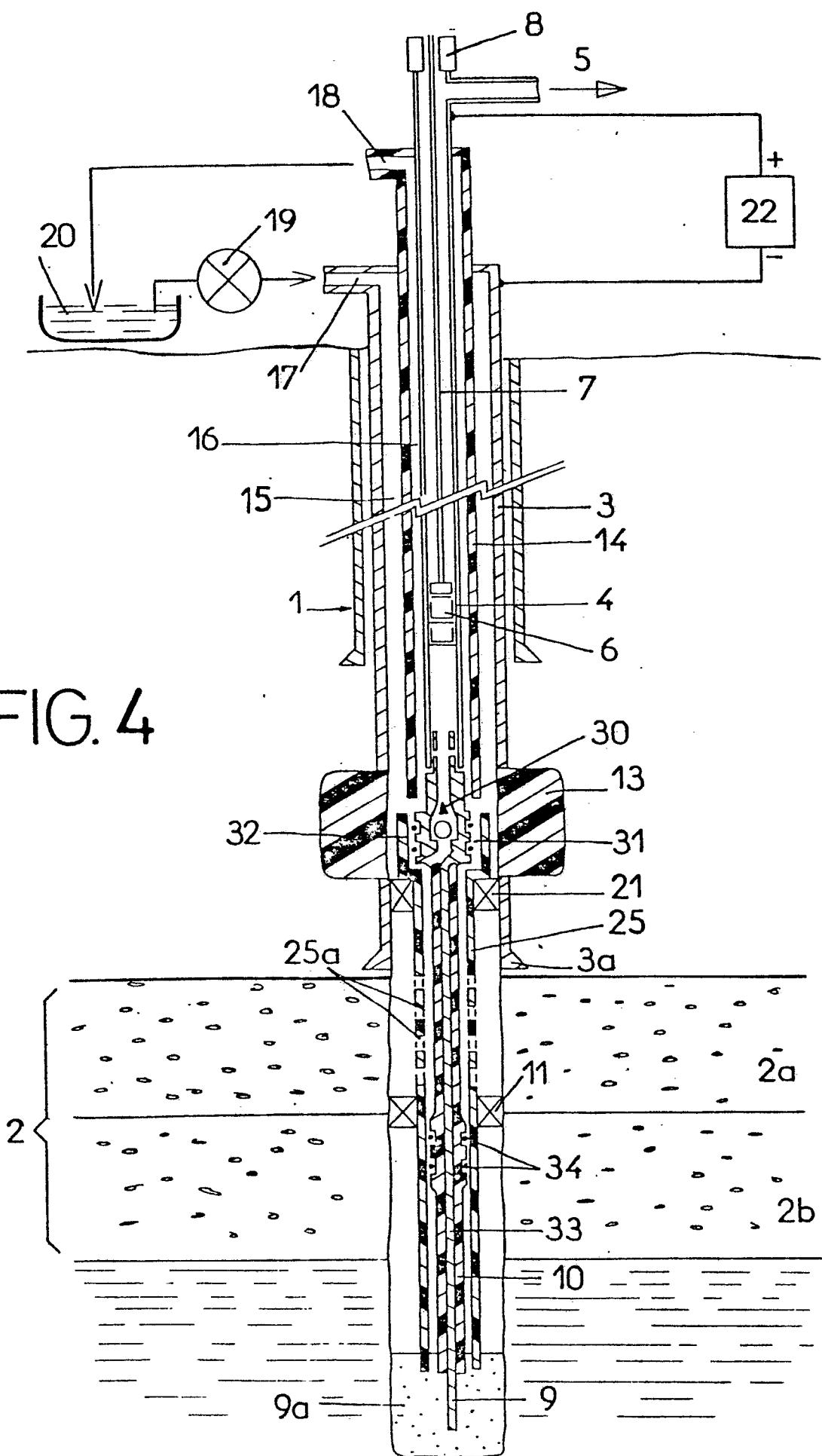


FIG. 3





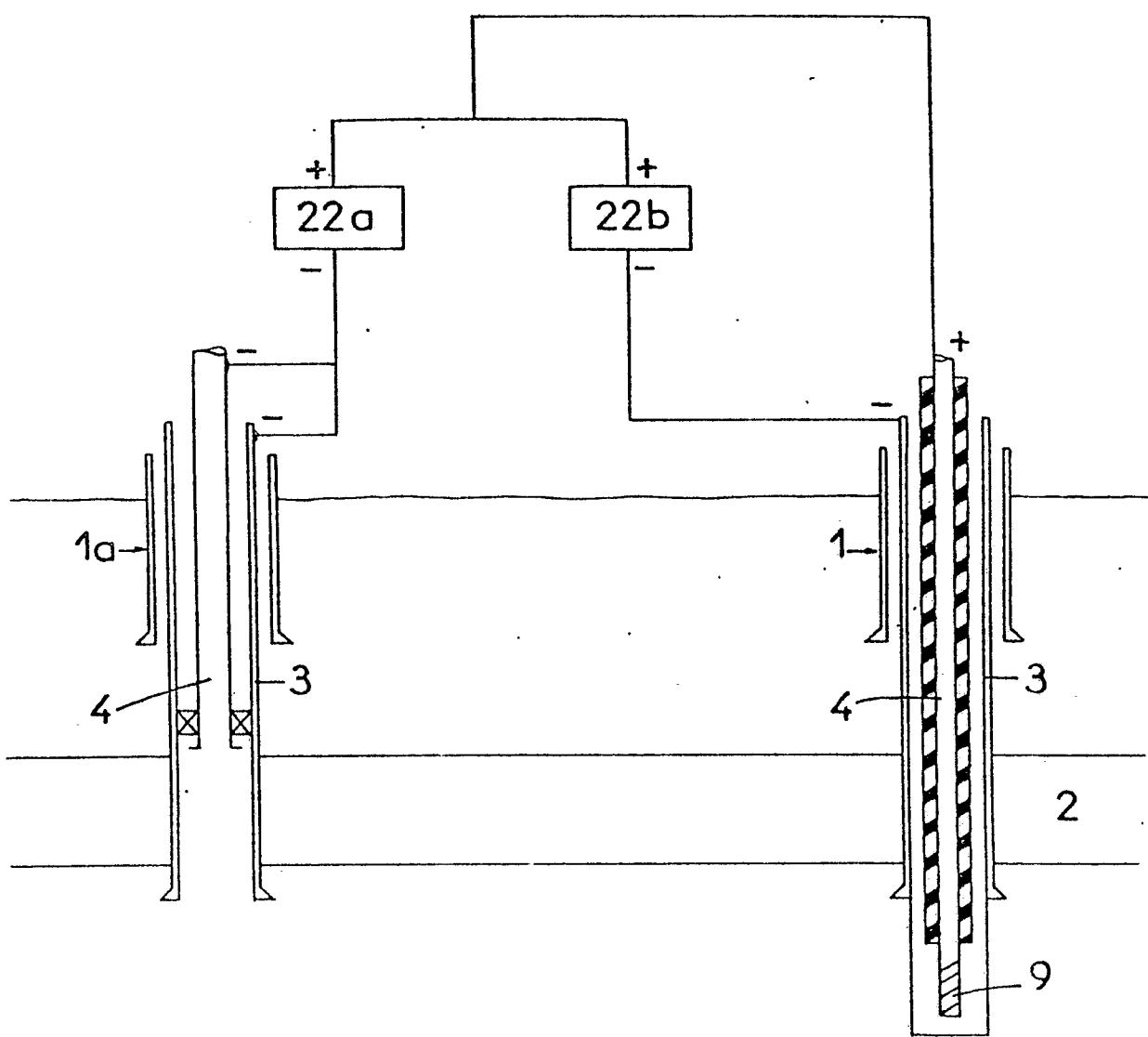


FIG. 5