

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 740 168

21 N° d'enregistrement national : 95 12347

51 Int Cl⁶ : E 21 B 47/00, 47/09, 47/08, G 01 V 3/20

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.10.95.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 25.04.97 Bulletin 97/17.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : SERVICES PETROLIERS
SCHLUMBERGER SA SOCIETE ANONYME — FR.

72 Inventeur(s) : SMITS JAN et TROUILLER JEAN
CLAUDE.

73 Titulaire(s) :

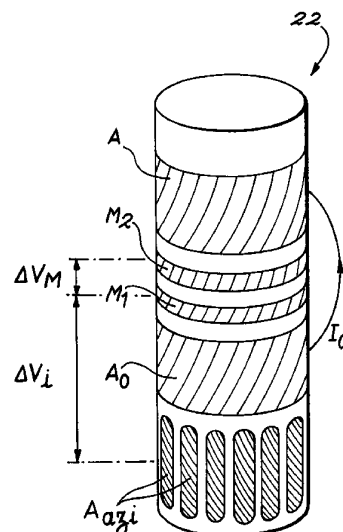
74 Mandataire : SOCIETE DE PROTECTION DES
INVENTIONS.

54 PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UN PUIT, NOTAMMENT D'UN PUIT D'HYDROCARBURE.

57 L'invention concerne un procédé de mesure de caractéristiques géométriques d'un puits, comportant:

- l'introduction, dans le puits, d'une sonde (12) de forme allongée, comportant des électrodes azimutales (A_{azi}), une électrode annulaire de courant (A_0) et au moins une électrode annulaire de retour de courant (A),
- l'émission d'un courant I_0 par l'électrode annulaire de courant (A_0), I_0 circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits,
- la production d'un signal, en réponse à l'émission de I_0 , représentatif des caractéristiques géométriques du puits.

L'invention concerne également un dispositif pour mettre ce procédé en oeuvre, ainsi qu'un procédé mettant en oeuvre un dispositif symétrique par rapport aux électrodes azimutales.



FR 2 740 168 - A1



PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE MESURE DE CARACTÉRISTIQUES
GÉOMÉTRIQUES D'UN PUIITS, NOTAMMENT D'UN PUIITS
D'HYDROCARBURE

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR

La présente invention se rapporte au domaine
des outils de mesure, par exemple pouvant être utilisés
10 dans les équipements de recherche de production
pétrolière.

Plus spécifiquement, ce type d'activités
nécessite, après forage d'un puits, d'y introduire des
sondes ou capteurs, notamment électrique ou
15 électromagnétique à l'aide desquels on réalise des
mesures permettant de caractériser, entre autres, les
fluides présents dans les terrains et les couches
traversées par le forage, ainsi que le pendage de ces
couches. On désigne par diagraphie tout enregistrement
20 continu, en fonction de la profondeur, des variations
d'une caractéristique donnée des formations traversées
par un forage ou un sondage.

Un exemple d'appareil pour établir de telles
diagraphies, à partir de la mesure de la résistivité
25 des formations traversées, est décrit dans l'article de
J. SUAU et al., intitulé "*The dual laterolog-R_{xo} tool*",
paru dans 47th Annual Technical conference and
Exhibition, Society of Petroleum Engineers, SPE 4018,
1972, American Institute of Mining Metallurgical and
30 Petroleum Engineer. Inc.

L'appareil décrit dans cet article comporte
essentiellement une sonde présentant un corps de forme
allongée, des électrodes annulaires d'injection de
courant étant réparties longitudinalement le long du
35 corps de la sonde. Des électrodes de focalisation, des

électrodes de retour de courant et des électrodes de mesure de tension sont également prévues le long du corps de la sonde.

Un autre dispositif de diagraphie, fonctionnant également par injection de courant dans les zones traversées par la sonde, est décrit dans le document EP-A-556 114. L'outil décrit dans ce document permet non seulement d'obtenir des informations sur la résistivité des couches traversées, mais également des informations sur les caractéristiques géométriques (section, forme, excentricité) du forage traversé par l'outil. Ce second type d'information peut présenter un intérêt en soi, ou bien il peut être utile pour corriger des mesures, notamment des mesures de résistivité, concernant les formations elles-mêmes.

La structure d'un outil décrit dans ce document, ainsi que son procédé de fonctionnement, va être brièvement rappelé en liaison avec la figure 1. Sur cette figure la référence 2 désigne une section de la sonde, qui porte une électrode annulaire de courant 3, une électrode annulaire 4 de mesure de potentiel, et un réseau d'électrodes azimutales, disposées sur la circonférence du corps de la sonde. Chaque électrode azimutale est en fait divisée en une électrode azimutale de courant 5_{ai} qui entoure une électrode azimutale de mesure de potentiel 6_{ai} , ($i=1,2$). Le réseau d'électrodes azimutales est longitudinalement séparé de l'électrode annulaire de courant 3 et de l'électrode annulaire de potentiel 4. Un courant I_i peut être émis entre l'électrode azimutale 5_{ai} de courant et l'électrode annulaire 3, ce courant circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits. Afin d'effectuer une mesure de la distance entre la surface de la sonde et la paroi du puits, dans une pluralité de directions

autour de la sonde, plusieurs courant I_i en provenance de différentes électrodes 5_{ai} sont émis en direction de l'électrode 3. Les différences de potentiel ΔV_i sont mesurées entre l'électrode de mesure de potentiel 4 et
 5 les électrodes azimutales de mesure de potentiel 6_{ai} . La résistivité apparente R_i de la zone traversée par chaque courant I_i est donnée par l'équation :

$$R_i = \frac{Kx\Delta V_i}{I_i}$$

10

où K est une constante qui dépend de la forme de la sonde. Chaque résistivité apparente R_i est fonction de la distance radiale entre l'électrode 5_{ai} et la paroi du forage située en regard de cette même électrode 5_{ai} .
 15 Ainsi, une information sur cette distance d_i est obtenue à partir des signaux qui représentent les résistivités apparentes R_i . Il est possible d'en déduire une mesure de l'excentricité de la sonde dans le trou.

20

Ce document décrit également un second dispositif, du type "Dual Laterolog", qui permet de mesurer simultanément la résistivité des formations traversées ainsi que, à partir des mesures de distance entre l'outil et la paroi du trou, l'excentricité de la
 25 sonde dans le trou. Cette seconde mesure est effectuée avec des courants à une seconde fréquence f_2 , en application du principe décrit ci-dessus en liaison avec l'outil de la figure 1.

30

Selon une variante, il est possible, dans les deux dispositifs, de maintenir tous les courants I_i à une même intensité, ce qui permet d'obtenir une formule simplifiée :

$$R_i = \frac{K\Delta V_i}{I}$$

Ces dispositifs et ces procédés nécessitent donc, ou bien l'injection de courants I_i en nombre égal
5 au nombre d'électrodes azimutales mises en service ou bien des moyens pour injecter un même courant à partir des différentes électrodes azimutales.

En outre, le résultat obtenu dépend de la résistivité R_m de la colonne de boue présente dans le
10 forage.

Enfin, le procédé mis en oeuvre nécessite de mesurer à la fois des tensions et des courants.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

15 L'invention a pour objet de proposer un nouveau procédé et un nouveau dispositif permettant d'obtenir des informations sur les caractéristiques géométriques d'un puits, notamment d'un puits d'hydrocarbure.

Ce procédé et ce dispositif doivent en
20 particulier permettre d'obtenir la mesure d'une pluralité de distances radiales, entre le corps d'une sonde, muni d'électrodes d'injection de courant, et la paroi d'un trou ou d'un forage.

En particulier, ce dispositif et ce procédé
25 doivent permettre de s'affranchir de la dépendance azimutale sur les courants injectés I_i ou de la nécessité de maintenir ces différents courants à une valeur égale.

Selon un premier aspect de l'invention, celle-
30 ci a pour objet un procédé de mesure de caractéristiques géométriques d'un puits comportant :

- l'introduction, dans le puits, d'une sonde de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales, disposées selon une circonférence du

- corps de la sonde, une électrode annulaire de courant séparée longitudinalement du réseau d'électrodes azimutales, et au moins une électrode annulaire de retour de courant séparée longitudinalement de l'électrode annulaire du courant et du réseau d'électrodes azimutales, les électrodes annulaires se trouvant d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- 5 - l'émission d'un courant I_0 , par l'électrode annulaire de courant, ce courant I_0 circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits,
 - 10 - la production d'un signal, en réponse à l'émission du courant I_0 , ce signal étant représentatif de la distance (d_i) entre le corps de la sonde et la paroi du puits, selon une pluralité de directions autour de la sonde.

Ce procédé ne met en oeuvre que l'injection d'un courant I_0 entre une électrode annulaire de courant et une électrode annulaire de retour de courant, et permet donc de s'affranchir de la nécessité d'injecter différents courants I_i , à partir des électrodes azimutales, ou de la nécessité de maintenir les différents courants I_i à une valeur égale.

- 25 Selon un mode particulier de réalisation, le procédé tel que décrit ci-dessus comporte en outre :
- la mesure d'un signal représentatif d'une tension ΔV_{azi} entre une première électrode annulaire de mesure de potentiel et certaines électrodes azimutales, qui correspondent aux directions suivant lesquelles la distance entre le corps de la sonde et la paroi du puits est à mesurer ; et
 - 30 - la mesure d'un signal représentatif d'une tension ΔV_M entre ladite première électrode de mesure de

potentiel et une seconde électrode annulaire de mesure de potentiel.

Selon ce mode particulier de réalisation, la mesure effectuée met en oeuvre les mesures de ΔV_{azi} et ΔV_M , dont le rapport est indépendant de la résistivité de la boue R_M . En outre, on ne mesure que des tensions, ce qui est plus commode que la mesure simultanée de tensions et de courants.

Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, une des électrodes annulaires de mesure de potentiels se trouve à l'intérieur de la première électrode annulaire de courant. Ceci permet d'améliorer la mesure si l'impédance de contact à la surface de l'électrode annulaire de courant présente une hétérogénéité.

Pour des raisons de compatibilité avec d'autres outils utilisés dans le domaine de la diagraphie, la sonde peut avantageusement comporter deux électrodes annulaires de retour de courant, maintenues au même potentiel.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que décrit ci-dessus, ce dispositif comportant :

- une sonde de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales, disposées selon une circonférence du corps de la sonde, une électrode annulaire de courant, séparée longitudinalement du réseau d'électrodes azimutales, et au moins une électrode annulaire de retour de courant séparée longitudinalement de l'électrode annulaire de courant et du réseau d'électrodes azimutales, les électrodes annulaires se trouvant d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- des moyens pour émettre un courant I_0 par l'électrode annulaire de courant,

- des moyens pour produire un signal, en réponse à l'émission du courant I_0 , ce signal étant représentatif de la distance (d_1) entre le corps de la sonde et la paroi du puits, selon une pluralité
5 de directions autour de la sonde.

Avantageusement, ce dispositif comporte en outre :

- des moyens pour mesurer un signal représentatif d'une tension ΔV_{azi} entre une première électrode
10 annulaire de mesure de potentiel et certaines électrodes azimutales,
- et des moyens pour mesurer un signal représentatif d'une tension ΔV_M entre ladite première électrode de mesure de potentiel et une seconde électrode
15 annulaire de mesure de potentiel.

L'invention concerne également un procédé de mesure des caractéristiques géométriques d'un puits, comportant :

- l'introduction, dans le puits, d'une sonde de forme
20 allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales, disposées selon une circonférence du corps de la sonde, une première et une seconde électrodes annulaires de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales et
25 séparées longitudinalement de ce réseau, et au moins une première et une seconde électrodes annulaires de retour de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales, séparées longitudinalement de ce réseau ainsi que
30 respectivement, des première et seconde électrodes annulaires de courant,
- l'émission d'un premier courant I_0 par la première électrode annulaire de courant, ce courant I_0 circulant essentiellement dans une colonne de boue
35 située à l'intérieur du puits,

- l'émission d'un second courant I_o' par la seconde électrode annulaire de courant, ce courant I_o' circulant essentiellement dans ladite colonne de boue située à l'intérieur du puits,
- 5 - la production d'un signal, en réponse à l'émission des courants I_o et I_o' , ce signal étant représentatif de la distance (d_i) entre le corps de la sonde et la paroi du puits, selon une pluralité de directions autour de la sonde.

10 Ce procédé permet de mesurer une pluralité de distances entre le corps de la sonde et la paroi du forage située en regard des électrodes azimutales. En outre, les courants sont injectés à partir d'électrodes annulaires de courant, ce qui permet d'éviter
15 l'injection d'une pluralité de courants à partir des électrodes azimutales, ainsi que le maintien des courants émis par différentes électrodes azimutales a une valeur égale.

20 Selon un mode particulier de réalisation, ce procédé comporte en outre :

- la mesure d'un signal représentatif d'une première tension ΔV_{azi} entre une première électrode annulaire de mesure de potentiel et certaines électrodes azimutales qui correspondent aux directions suivant
25 lesquelles la distance entre le corps de la sonde et la paroi du puits est à mesurer ; et
- la mesure d'un signal représentatif d'une seconde tension ΔV_m entre ladite première électrode de mesure de potentiel et une seconde électrode annulaire de mesure de potentiel, ces deux
30 électrodes étant situées d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- la mesure d'un signal représentatif d'une troisième tension $\Delta V'_{azi}$ entre une troisième électrode
35 annulaire de mesure de potentiel et certaines

électrodes azimutales qui correspondent aux directions suivant lesquelles la distance entre le corps de la sonde et la paroi du puits est à mesurer ; et

- 5 - la mesure d'un signal représentatif d'une quatrième tension $\Delta V'_M$ entre ladite troisième électrode de mesure de potentiel et une quatrième électrode annulaire de mesure de potentiel, ces deux électrodes étant situées, par rapport aux électrodes
10 azimutales, du côté de la sonde opposé au côté où se situent les première et seconde électrodes annulaires de mesure de potentiel.

Selon ce mode particulier de réalisation, seules des tensions sont à mesurer, et on s'affranchit
15 ainsi de la nécessité de mesurer simultanément des tensions et des courants. En outre, la mesure est obtenue à partir du rapport $(\Delta V_{azi} + \Delta V_{azi}') / (\Delta V_M + \Delta V_M')$, et est donc indépendante de la résistivité de la boue R_M .

De même que pour le premier procédé selon
20 l'invention, déjà décrit ci-dessus, et avec les mêmes avantages, une des première et seconde électrodes (respectivement des troisième et quatrième électrodes) de mesure de potentiel peut se trouver à l'intérieur de la première (respectivement de la seconde) électrode
25 annulaire de courant.

Pour des raisons de compatibilité avec d'autres outils ou d'autres mesures à réaliser simultanément, la sonde peut comporter deux premières électrodes annulaires de retour de courant et/ou deux secondes
30 électrodes annulaires de retour de courant, maintenues au même potentiel.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du second procédé selon l'invention, ce dispositif comportant :

- une sonde de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales, disposées selon une circonférence du corps de la sonde, une première et une seconde électrodes annulaires de courant
5 disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales et séparées longitudinalement de ce réseau, et au moins une première et une seconde électrodes annulaires de retour de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes
10 azimutales et séparées longitudinalement de ce réseau et, respectivement, des première et seconde électrodes annulaires de courant,
- des moyens pour émettre un premier courant I_0 par la première électrode annulaire de courant,
- 15 - des moyens pour émettre un second courant I_0' par la seconde électrode annulaire de courant,
- des moyens pour produire un signal, en réponse à l'émission des courants I_0 et I_0' , ce signal étant représentatif d'une distance (d_i) entre le corps de
20 la sonde et une paroi d'un puits, selon une pluralité de directions autour de la sonde.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

De toute façon, les caractéristiques et
25 avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation, donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels :

- 30 - la figure 1 représente schématiquement un dispositif selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente un appareil de diagraphie comportant une sonde, sur laquelle sont disposées des électrodes, permettant de mesurer les

caractéristiques géométriques d'un puits, conformément à l'invention,

- la figure 3 représente un mode de réalisation d'un dispositif selon la présente invention,

5 - la figure 4 représente un autre mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

- les figures 5A et 5B sont des schémas électriques pour la mise en oeuvre d'un dispositif selon la présente invention,

10 - la figure 6 représente un autre mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

- la figure 7 représente un schéma électrique permettant la mise en oeuvre d'un autre dispositif selon l'invention.

15

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION

La mise en oeuvre globale de l'invention est d'abord illustrée schématiquement sur la figure 2, qui représente un appareil de diagraphe permettant de
20 déterminer les caractéristiques de formations terrestres 11 traversées par un puits ou un trou de forage 10. L'appareil comporte une sonde 12 qui est suspendue dans le trou de forage à l'extrémité d'un câble multiconducteur 13. Ce câble 13 passe sur une
25 poulie 14 et est enroulé sur un tambour 15 qui permet de déplacer la sonde 12 le long du trou de forage. Le tambour 15 fait partie d'une unité de surface 16, qui peut également comporter des moyens de traitement informatiques des données mesurées par la sonde lors de
30 son déplacement dans le trou de forage.

La sonde 12 est de forme allongée. Elle comporte un corps 17 ayant une partie supérieure 20 comportant une enveloppe métallique fermée dans laquelle se trouvent des circuits électriques, et une
35 section inférieure 21 dans laquelle peuvent être

intégrés des dispositifs de mesure des formations 11. De tels dispositifs de mesure peuvent être par exemple des électrodes, des bobines d'induction, des dispositifs nucléaires ou acoustiques, ou tout autre
5 type de dispositif de mesure. En outre, la section 21 comporte un réseau 22 d'électrodes qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques du trou de forage.

Un tel réseau 22 d'électrodes va maintenant
10 être décrit, en liaison avec la figure 3. Sur cette figure, un réseau d'électrodes azimutales A_{azi} est disposé selon une circonférence du corps 17 de la sonde. Ces électrodes sont en nombre N , avec $1 \leq i \leq N$. De préférence, N est choisi égal à 12. De plus, ces
15 électrodes sont préférentiellement réparties régulièrement sur la circonférence. Une électrode annulaire A_0 de courant, est séparée longitudinalement du réseau d'électrodes azimutales. Une seconde électrode annulaire A est séparée longitudinalement du
20 réseau d'électrodes azimutales et de la première électrode annulaire A_0 . Cette seconde électrode annulaire est en fait une électrode de retour de courant.

Afin de réaliser une mesure des
25 caractéristiques géométriques du trou de forage, un courant I_0 est émis par l'électrode annulaire de courant A_0 , ce courant circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits.

Des électrodes M_1 et M_2 de mesures de potentiel
30 peuvent par ailleurs être prévues. Elles sont par exemple situées entre les électrodes annulaires A_0 et A . Du fait de l'émission du courant I_0 par l'électrode annulaire A_0 , il s'établit une différence de potentiel ΔV_{azi} entre chaque électrode azimutale A_{azi} et
35 l'électrode annulaire M_1 . Par ailleurs, la différence

de potentiel entre l'électrode annulaire M_1 et l'électrode annulaire M_2 est notée ΔV_M . Les tensions ΔV_{azi} et ΔV_M sont mesurées directement. Il est également possible de mesurer des signaux représentatifs de ces tensions.

A partir de l'information sur les tensions ΔV_{azi} et ΔV_M , il est possible d'en déduire le rapport $\Delta V_{azi}/\Delta V_M$ qui, pour chaque direction azimutale autour de la sonde, définie par la position de l'électrode azimutale A_{azi} , est fonction de la distance entre ladite électrode azimutale A_{azi} et la zone de la paroi du trou de forage située en regard de cette électrode azimutale A_{azi} . Cette mesure peut être réalisée pour chaque électrode azimutale A_{azi} ($1 \leq i \leq N$) ou pour une partie seulement des N électrodes azimutales.

Ce procédé ne nécessite que l'émission d'un courant I_0 unique, à partir d'une électrode annulaire A_0 . Il ne met donc en jeu aucune électrode azimutale, contrairement au dispositif de l'art antérieur. Par ailleurs, le procédé décrit ci-dessus ne met en jeu que des mesures de tension, ce qui évite d'avoir à mesurer simultanément des tensions et des courants. Enfin, le résultat obtenu est indépendant de la résistivité de la boue de forage R_M .

Selon ce procédé, le courant total I_t émis dans la formation traversée est égal à 0. Le courant I_0 émis circule essentiellement dans la boue de forage, c'est-à-dire dans une zone située entre la surface extérieure de la sonde 22 et la paroi du trou de forage 10. Ce courant I_0 est en fait un courant alternatif, par exemple à une fréquence égale à 162 Hertz.

La distance mesurée d_i suivant une direction i , définie par une électrode azimutale A_{azi} est exprimée par :

35

14

$$d_i = \frac{k_1 \times \Delta V_{azi}}{\Delta V_M},$$

où le coefficient k_1 est un coefficient qui dépend de la forme de la sonde, et qui est donc fixé pour une sonde donnée.

A partir de l'information sur les distances d_i , il est possible d'en déduire une information sur l'excentration de la sonde dans le trou de forage et sur le caractère plus ou moins irrégulier de la section de ce trou. Par exemple, pour chaque direction i , il est possible de définir un signal d'excentration C_i par la formule (pour N pair) :

- $C_i = -(d_i - d_{i+N/2})/2$ si $i \leq \frac{N}{2}$
- $C_i = -(d_i - d_{i-N/2})/2$ si $i > \frac{N}{2}$

Un autre mode de réalisation d'un dispositif pour mettre en oeuvre un procédé selon l'invention est illustré sur la figure 4.

Sur cette figure, des électrodes azimutales sont toujours désignées par la référence A_{azi} . La structure située sur cette figure, au-dessus des électrodes azimutales A_{azi} est identique à la structure qui a été décrite ci-dessus en liaison avec la figure 3. De l'autre côté de la sonde, par rapport aux électrodes azimutales, se trouve une structure d'électrodes annulaires comportant une électrode annulaire A'_0 de courant et une électrode annulaire A' de retour de courant. Un courant I'_0 est émis à partir de l'électrode annulaire A'_0 . Il y a donc injection de I_0 par A_0 et de I'_0 par A'_0 , les deux avec retour sur A et A' . A_0 et A'_0 sont court-circuitées ainsi que A et A' , et un courant est donc injecté entre les deux paires d'électrodes. Des électrodes annulaire M'_1 et M'_2 de mesure de potentiel peuvent également être

prévues. Pour chaque électrode azimutale A_{azi} une différence de potentiel $\Delta V_{azi}'$ peut être mesurée entre ladite électrode azimutale et l'électrode M'_1 , tandis qu'une différence de potentiel $\Delta V_m'$ est mesurée entre les électrodes annulaires M'_1 et M'_2 . En principe, les deux mesures réalisées à l'aide I_0 et I'_0 conduisent aux mêmes valeurs des caractéristiques géométriques du trou de forage. Si les valeurs mesurées des potentiels, pour les deux réseaux d'électrodes, ne sont pas identiques, il est possible de déduire, pour chaque direction i , une moyenne de ΔV_{azi} et $\Delta V_{azi}'$ ainsi qu'une moyenne de ΔV_m et $\Delta V_m'$ et de faire le rapport de ces deux moyennes pour avoir l'information sur d_i . Un tel écart entre les valeurs des potentiels des deux réseaux d'électrodes permet de conclure à une variation locale de la géométrie du trou.

Selon une variante, il est possible de positionner une des électrodes annulaires de mesure de potentiel M_1 ou M_2 à l'intérieur de l'électrode annulaire de courant A_0 . Une partie de cette dernière électrode A_0 s'étend alors au-dessus de l'électrode de mesure de potentiel en question, et une partie de l'électrode A_0 s'étend au-dessous de cette même électrode de mesure de potentiel. La même mesure peut être appliquée à l'électrode A'_0 et à l'une des électrodes M'_1 ou M'_2 dans la configuration de la figure 4. Ce mode de réalisation permet d'améliorer la mesure lorsque des variations d'impédance de contact se produisent à la surface de l'électrode A_0 ou A'_0 .

Un schéma électrique pour faire fonctionner un dispositif selon l'invention va maintenant être décrit en liaison avec les figures 5A et 5B, la figure 5B donnant le détail des références des éléments contenus dans le bloc 57 de la figure 5A. Sur ces figures, des électrodes azimutales et des électrodes annulaires sont

représentées schématiquement, dans une configuration symétrique par rapport aux électrodes azimutales. Chacune des électrodes de courant A_0 et A'_0 est séparée en deux par une électrode de mesure de potentiel A_0^* et $A_0^{*'}$, ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus. Sur ces 5 figures, des électrodes ayant la même fonction que les électrodes de la figure 4 sont désignées par les mêmes références littérales. Les courants I_0 et I'_0 , émis à partir des électrodes A_0 et A'_0 sont engendrés par un 10 processeur digital 50, un convertisseur D-A 52, un filtre passe-bas 54 et un générateur de courant 56. Des signaux sont prélevés aux électrodes de mesure M_2 , A_0^* , $A_0^{*'}$ et M'_2 ainsi qu'aux électrodes azimutales A_{azi} . Des amplificateurs différentiels 58, 62, 66, 68 combinent 15 ces signaux deux à deux. Les sorties des amplificateurs 58 et 62 sont reliées à des filtres passe-bande 60, 64. En fait, il y a autant d'amplificateurs 62 et de filtre passe-bande 64 que d'électrodes azimutales A_{azi} . Les sorties des amplificateurs 66 et 68 sont additionnées et filtrées (filtre passe-bande 70). Tous les signaux 20 résultants sont envoyés dans un multiplexeur 72 dont la sortie est reliée à un convertisseur analogique digital A-D 74 combiné à un amplificateur à gain programmable. La sortie de ce convertisseur 74 est reliée au 25 processeur digital 50 et les signaux sont ensuite envoyés à un émetteur 76. Tous les éléments qui viennent d'être décrits sont en général intégrés dans le corps de la sonde. Celle-ci est reliée, par l'intermédiaire d'un câble 78, à un récepteur 80 qui 30 transmet les données à un ordinateur 82 et à un enregistreur 84. Des moyens d'affichage des données peuvent également être prévus. L'ordinateur 82 est un appareil de type conventionnel, spécialement programmé pour traiter les mesures effectuées par la sonde. Il

peut être intégré dans l'unité de surface 16 de la figure 2.

Le schéma décrit ci-dessus en liaison avec les figures 5A et 5B est aisément transposable aux divers ordonnancements d'électrodes déjà décrit ci-dessus.

Pour des raisons de compatibilité avec d'autres outils, utilisables également pour d'autres types de mesure, le dispositif selon l'invention peut comporter, comme illustré sur la figure 6, des électrodes de retour de courant qui sont scindées en deux parties A_1 , A_2 et A'_1 et A'_2 . Afin de réaliser une mesure selon un procédé conforme à l'invention, les électrodes A_1 et A_2 sont en fait maintenues au même potentiel, ainsi que les électrodes A'_1 et A'_2 . Ainsi le retour du courant I_0 émis par l'électrode A_0 se fait par les deux électrodes A_1 et A_2 . Le retour du courant I'_0 émis par l'électrode A'_0 se fait par les deux électrodes A'_1 et A'_2 .

Un schéma électrique d'un dispositif permettant de maintenir les deux électrodes A_1 et A_2 au même potentiel va être décrit en liaison avec la figure 7.

Sur cette figure, seule la partie supérieure de la sonde, au-dessus des électrodes azimutales, est représentée. Une électrode A_1^* est associée à l'électrode A_1 afin de pouvoir effectuer une mesure du potentiel de A_1 . Un amplificateur 86 délivre un signal proportionnel à la tension mesurée entre l'électrode A_2 et l'électrode A_1^* . Un amplificateur différentiel 88 permet de comparer le signal obtenu à un potentiel de terre. S'il y a un déséquilibre entre les tensions des électrodes A_2 et A_1^* , cet amplificateur 88 délivre un signal non nul à un transformateur 90 qui commande un générateur de courant 92. Ce dernier délivre alors aux électrodes A_0 un courant plus ou moins important selon l'écart de potentiel entre les électrodes A_2 et A_1^* . Le courant délivré I_0 circule essentiellement dans les

boues de forage, autour de la sonde, et retourne à celles-ci par les électrodes A_1 et A_2 . Le même schéma peut être appliqué aux électrodes A'_1 et A'_2 , l'électrode A'_1 étant associée à une électrode A_1^* de mesure de potentiel. Tous les éléments 86-92 peuvent être intégrés dans le corps de la sonde descendue dans le trou de forage.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de caractéristiques géométriques d'un puits (10), comportant :

- 5 - l'introduction, dans le puits, d'une sonde (12) de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales (A_{azi}), disposées selon une circonférence du corps (17) de la sonde, une électrode annulaire de courant (A_o) séparée longitudinalement du réseau d'électrodes azimutales, et au moins une électrode
10 annulaire de retour de courant (A) séparée longitudinalement de l'électrode annulaire du courant et du réseau d'électrodes azimutales, les électrodes annulaires se trouvant d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- 15 - l'émission d'un courant I_o , par l'électrode annulaire de courant (A_o), ce courant I_o circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits (10),
- 20 - la production de signaux, en réponse à l'émission du courant I_o , ces signaux étant représentatifs de distances (d_i) entre le corps (17) de la sonde et la paroi du puits (10), selon une pluralité de directions autour de la sonde.

25 2. Procédé selon la revendication 1, comportant :

- 30 - la mesure de signaux représentatifs d'une pluralité de premières tensions ΔV_{azi} entre une première électrode annulaire (M_1) de mesure de potentiel et certaines électrodes azimutales qui correspondent aux directions suivant lesquelles la distance entre le corps (17) de la sonde et la paroi du puits (10) est à mesurer ; et
- la mesure d'un signal représentatif d'une tension ΔV_M entre ladite première électrode (M_1) de mesure de

potentiel et une seconde électrode annulaire (M_2) de mesure de potentiel.

3. Procédé selon la revendication 2, une des électrodes annulaires de mesure de potentiel (M_1 , M_2) se trouvant à l'intérieur de l'électrode annulaire (A_0) de courant.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, la sonde comportant deux électrodes annulaires de retour du courant, maintenues au même potentiel.

5. Dispositif pour la mesure de caractéristiques géométriques d'un puits, comportant :

- une sonde (12) de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales (A_{azi}), disposées selon une circonférence du corps (17) de la sonde, une électrode annulaire (A_0) de courant, séparée longitudinalement du réseau d'électrodes azimutales, et au moins une électrode annulaire de retour de courant (A) séparée longitudinalement de l'électrode annulaire de courant et du réseau d'électrodes azimutales, les électrodes annulaires se trouvant d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- des moyens pour émettre un courant I_0 par l'électrode annulaire de courant (A_0),
- des moyens pour produire des signaux, en réponse à l'émission du courant I_0 , ces signaux étant représentatifs de distances (d_i) entre le corps (17) de la sonde et la paroi du puits (10), selon une pluralité de directions autour de la sonde.

6. Dispositif selon la revendication 5, comportant en outre :

- des moyens pour mesurer des signaux représentatifs d'une pluralité de premières tensions ΔV_{azi} entre une première électrode (M_1) annulaire de mesure de potentiel et certaines électrodes azimutales (A_{azi})

qui correspondent aux directions suivant lesquelles la distance entre le corps (17) de la sonde et la paroi du puits (10) est à mesurer ;

- et des moyens pour mesurer un signal représentatif d'une deuxième tension ΔV_M entre ladite première électrode (M_1) de mesure de potentiel et une seconde électrode annulaire (M_2) de mesure de potentiel.

7. Dispositif selon la revendication 6, une des électrodes annulaires (M_1, M_2) de mesure de potentiel se trouvant à l'intérieur (A_o) de la première électrode annulaire de courant.

8. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, la sonde comportant deux électrodes annulaires de retour de courant maintenues au même potentiel.

9. Procédé de mesure des caractéristiques géométriques d'un puits (10), comportant :

- l'introduction, dans le puits, d'une sonde (12) de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales (A_{azi}), disposées selon une circonférence du corps (17) de la sonde, une première et une seconde électrodes annulaires (A_o, A'_o) de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales et séparées longitudinalement de ce réseau, et au moins une première (A, A_1, A_2) et une seconde (A', A'_1, A'_2) électrodes annulaires de retour de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales, séparées longitudinalement de ce réseau ainsi que, respectivement, des première (A_o) et seconde (A'_o) électrodes annulaires de courant,
- l'émission d'un premier courant I_o par la première électrode annulaire (A_o) de courant, ce courant I_o circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits (10),

- l'émission d'un second courant I_o' par la seconde électrode annulaire (A'_o) de courant, ce courant I_o' circulant essentiellement dans une colonne de boue située à l'intérieur du puits (10),
 - 5 - la production de signaux, en réponse à l'émission des courants I_o et I_o' , ces signaux étant représentatifs de distances (d_i) entre le corps de la sonde (17) et la paroi du puits (10), selon une pluralité de directions autour de la sonde.
- 10 10. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre :
- la mesure de signaux représentatifs d'une pluralité de premières tensions ΔV_{azi} entre une première électrode annulaire de mesure de potentiel (M_1, A_o^*)
 - 15 et certaines électrodes azimutales (A_{azi}), qui correspondent aux directions suivant lesquelles la distance entre le corps de la sonde et la paroi du puits est à mesurer ; et
 - la mesure d'un signal représentatif d'une seconde
 - 20 tension ΔV_m entre ladite première électrode de mesure de potentiel (M_1, A_o^*) et une seconde électrode annulaire de mesure de potentiel (M_2), ces deux électrodes étant situées d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
 - 25 - la mesure de signaux représentatifs d'une pluralité de troisièmes tensions $\Delta V'_{azi}$ entre une troisième électrode annulaire de mesure de potentiel ($M'_1, A_o^{*'}\prime$) et certaines électrodes azimutales (A_{azi}) qui correspondent aux directions suivant lesquelles la
 - 30 distance entre le corps de la sonde et la paroi du puits est à mesurer ; et
 - la mesure d'un signal représentatif d'une quatrième
 - 35 tension $\Delta V_M'$ entre ladite troisième électrode annulaire de mesure de potentiel ($M'_1, A_o^{*'}\prime$) et une quatrième électrode annulaire de mesure de potentiel

(M'₂), ces deux électrodes étant situées par rapport aux électrodes azimutales du côté de la sonde opposé au côté où se situent les première (M₁, A₀*) et seconde (M₂) électrodes annulaires de mesure de potentiel.

5 11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, une (A₀*) des première et seconde électrodes de mesure de potentiel se trouvant à l'intérieur de la première électrode annulaire de courant (A₀).

10 12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, une (A₀'₁) des troisième et quatrième électrodes de mesure de potentiel se trouvant à l'intérieur de la seconde électrode annulaire de courant (A'₀).

15 13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, la sonde comportant deux premières électrodes annulaires (A₁, A₂) de retour de courant, maintenues au même potentiel.

20 14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, la sonde comportant deux secondes électrodes annulaires (A'₁, A'₂) de retour de courant, maintenues au même potentiel.

15. Dispositif pour la mesure de caractéristiques géométriques d'un puits (10), comportant :

25 - une sonde de forme allongée, comportant un réseau de N électrodes azimutales (A_{azi}), disposées selon une circonférence du corps (17) de la sonde, une première et une seconde électrodes annulaires (A₀, A'₀) de courant disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes azimutales et séparées
30 longitudinalement de ce réseau, et au moins une première (A, A₁, A₂) et une seconde (A', A'₁, A'₂) électrodes annulaires de retour de courant, disposées de part et d'autre du réseau d'électrodes
35 azimutales et séparées longitudinalement de ce

- réseau ainsi que respectivement, des première (A_o) et seconde (A'_o) électrodes annulaires de courant,
- des moyens pour émettre un premier courant I_o par la première électrode annulaire (A_o) de courant,
 - 5 - des moyens pour émettre un second courant I_o' par la seconde électrode annulaire (A'_o) de courant,
 - des moyens pour produire des signaux, en réponse à l'émission des courants I_o et I_o' , ces signaux étant représentatifs de distances (d_i) entre le corps de la sonde (17) et une paroi du puits (10), selon une pluralité de directions autour de la sonde.

16. Dispositif selon la revendication 15, comportant en outre :

- 15 - des moyens pour mesurer des premières tensions ΔV_{azi} entre une première électrode annulaire de mesure de potentiel (M_1, A_o^*) et certaines électrodes azimutales (A_{azi}),
- 20 - des moyens pour mesurer un signal représentatif d'une seconde tension ΔV_M entre ladite première électrode de mesure de potentiel (M_1, A_o^*) et une seconde électrode (M_2) annulaire de mesure de potentiel, ces deux électrodes étant situées d'un même côté de la sonde par rapport aux électrodes azimutales,
- 25 - des moyens pour mesurer des signaux représentatifs d'une pluralité de troisièmes tensions $\Delta V_{azi}'$ entre une troisième électrode annulaire de mesure de potentiel ($M'_1, A_o^{*'}$) et certaines électrodes azimutales (A_{azi}),
- 30 - des moyens pour mesurer un signal représentatif d'une quatrième tension $\Delta V_M'$ entre ladite troisième électrode annulaire ($M'_1, A_o^{*'}$) de mesure de potentiel et une quatrième électrode annulaire (M'_2) de mesure de potentiel, ces deux électrodes étant
- 35 situées, par rapport aux électrodes azimutales, d'un

même côté de la sonde, opposé au côté où se situent les première (M_1 , A_0^*) et seconde (M_2) électrodes annulaires de mesure de potentiel.

17. Dispositif selon l'une des revendications
5 15 ou 16, une ($A_0^{*'}\prime$) des première et seconde électrodes de mesure de potentiel se trouvant à l'intérieur de la première électrode annulaire de courant (A_0).

18. Dispositif selon l'une des revendications
15 à 17, une ($A_0^{*'}\prime$) des troisième et quatrième
10 électrodes de mesure de potentiel se trouvant à l'intérieur de la seconde électrode annulaire de courant (A_0').

19. Dispositif selon l'une des revendications
15 à 18, la sonde comportant deux premières électrodes
15 (A_1 , A_2) annulaires de retour de courant, maintenues au même potentiel.

1/5

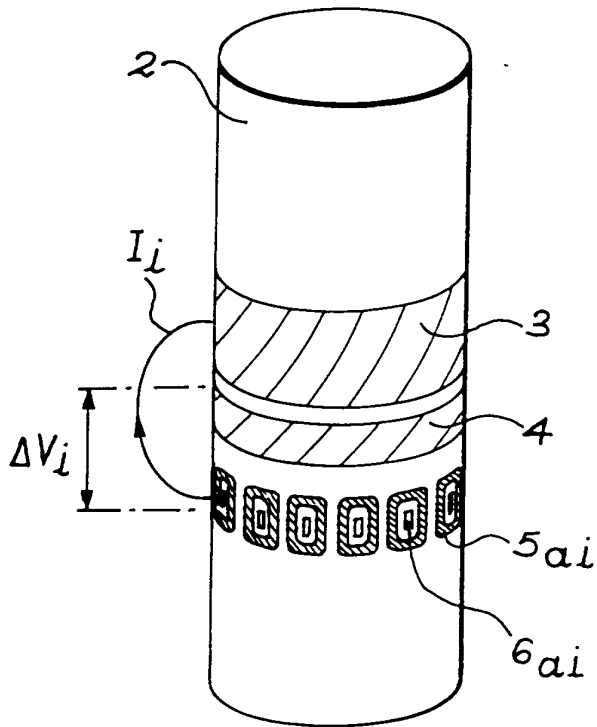


FIG. 1

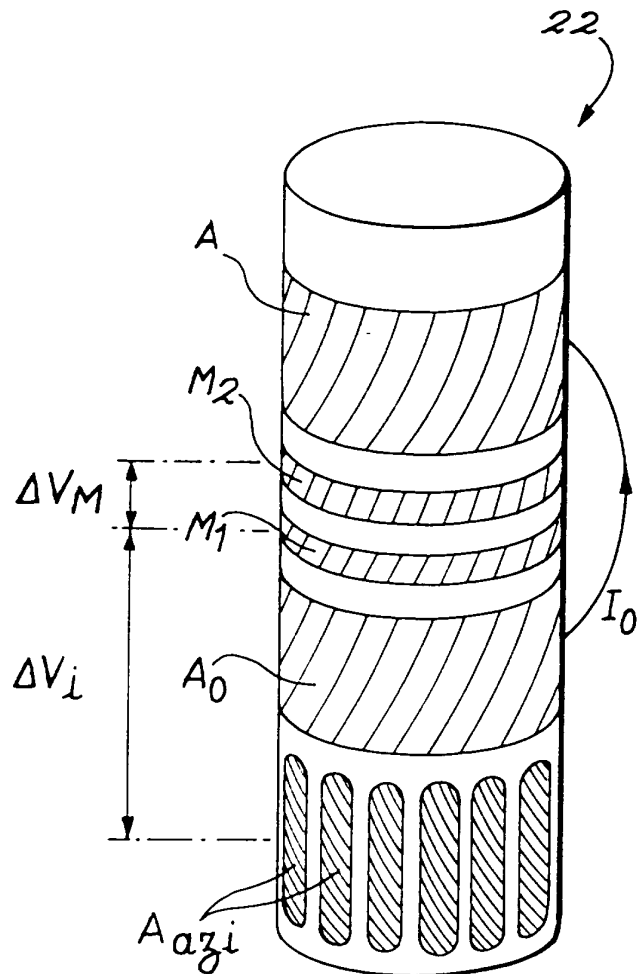


FIG. 3

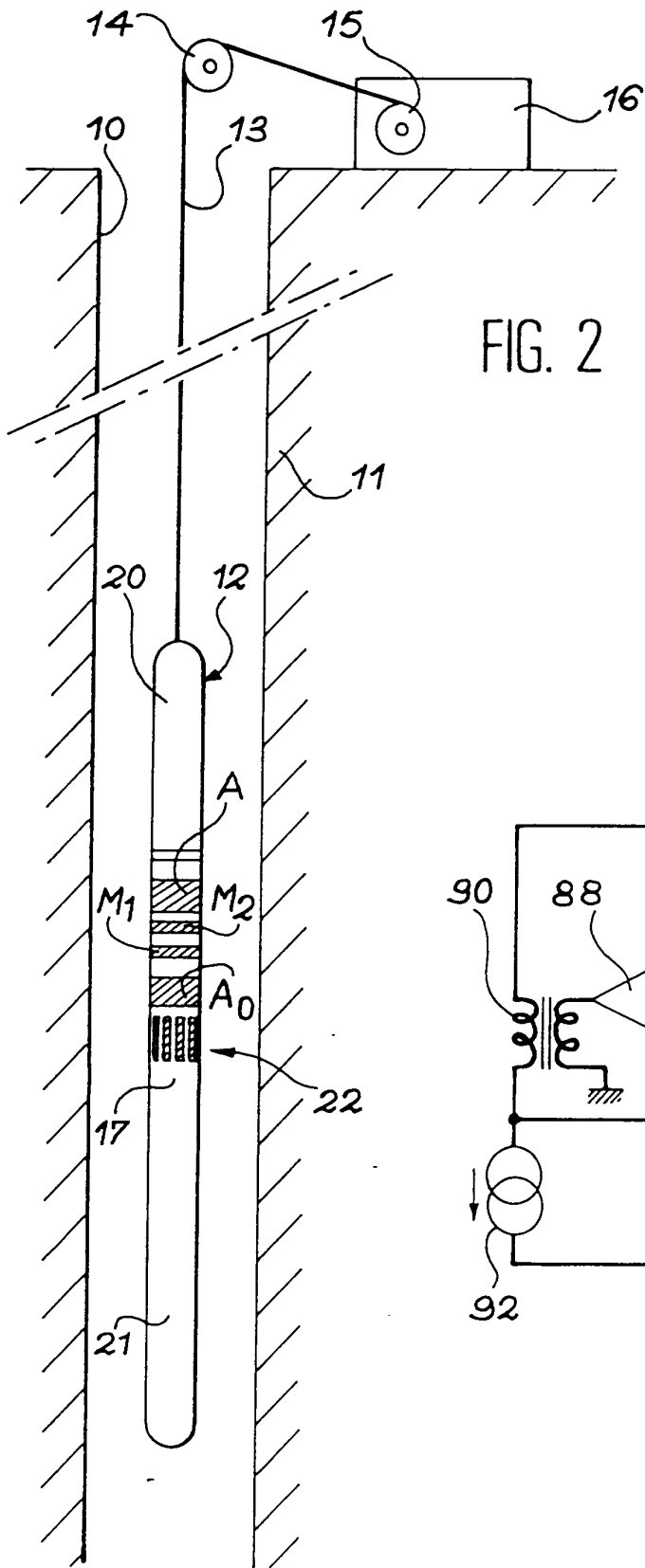


FIG. 2

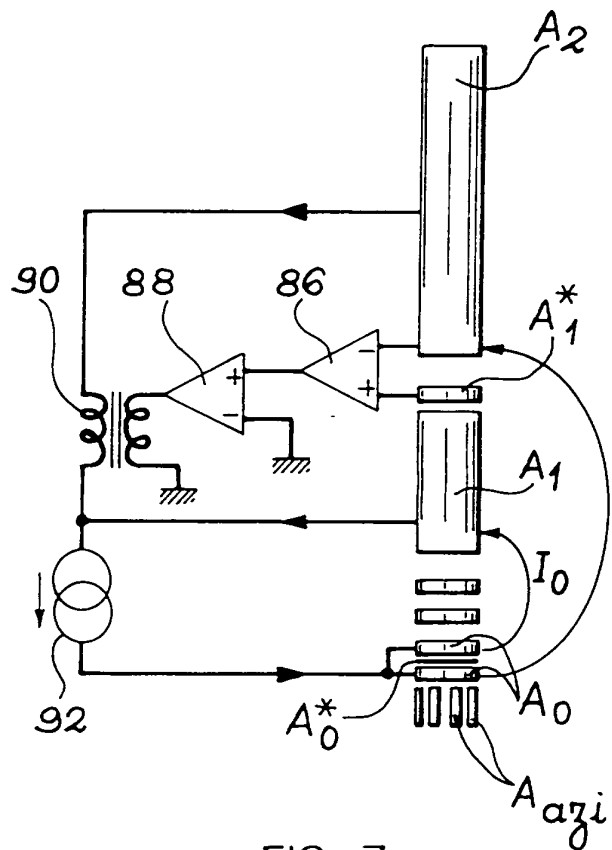


FIG. 7

3/5

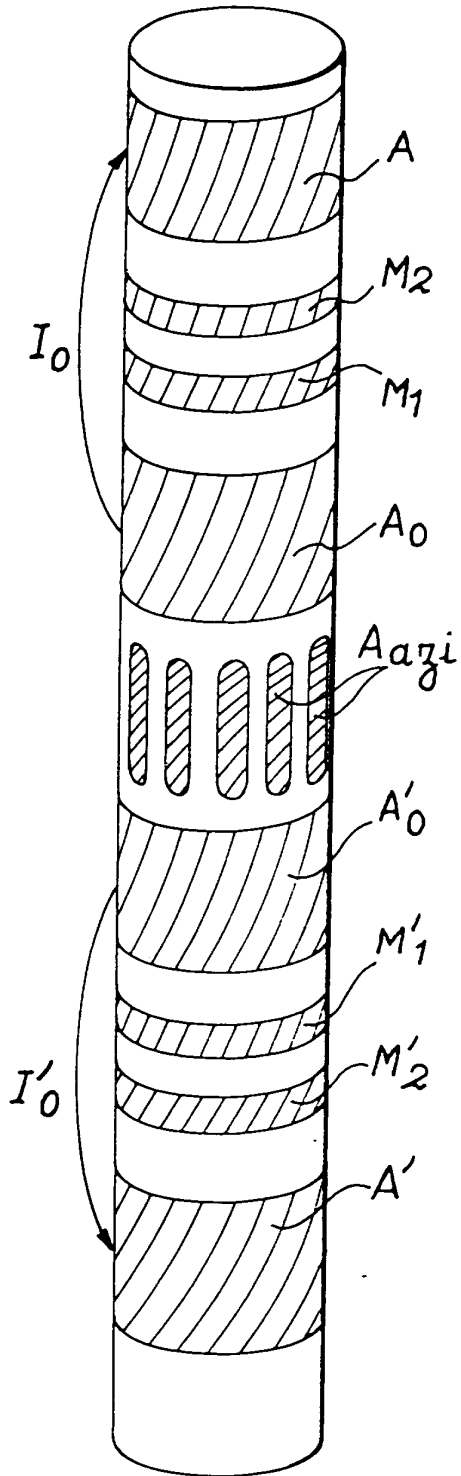


FIG. 4

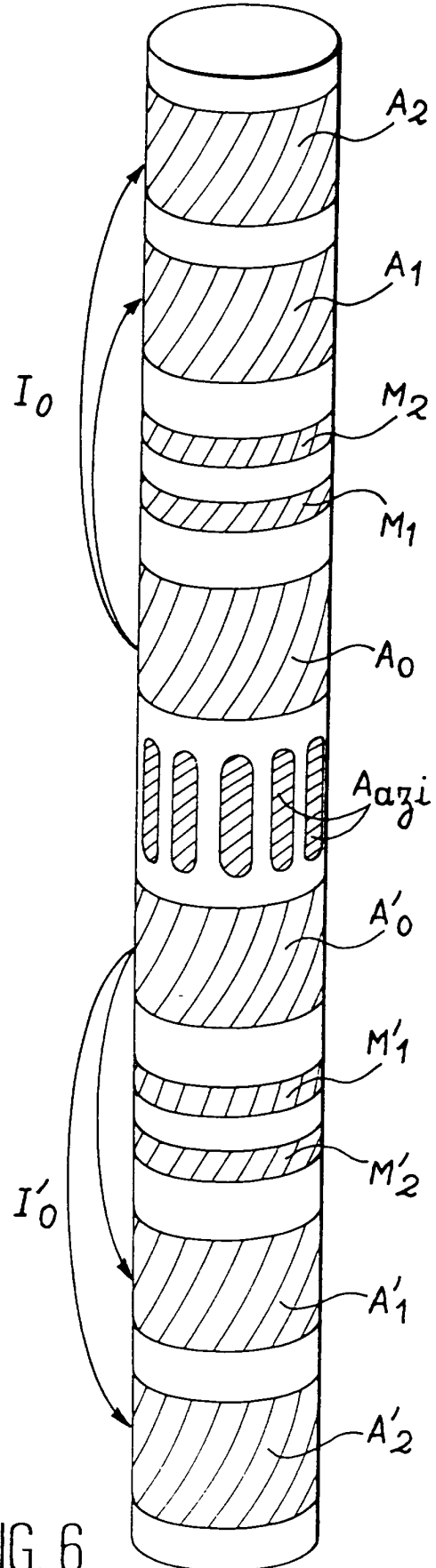


FIG. 6

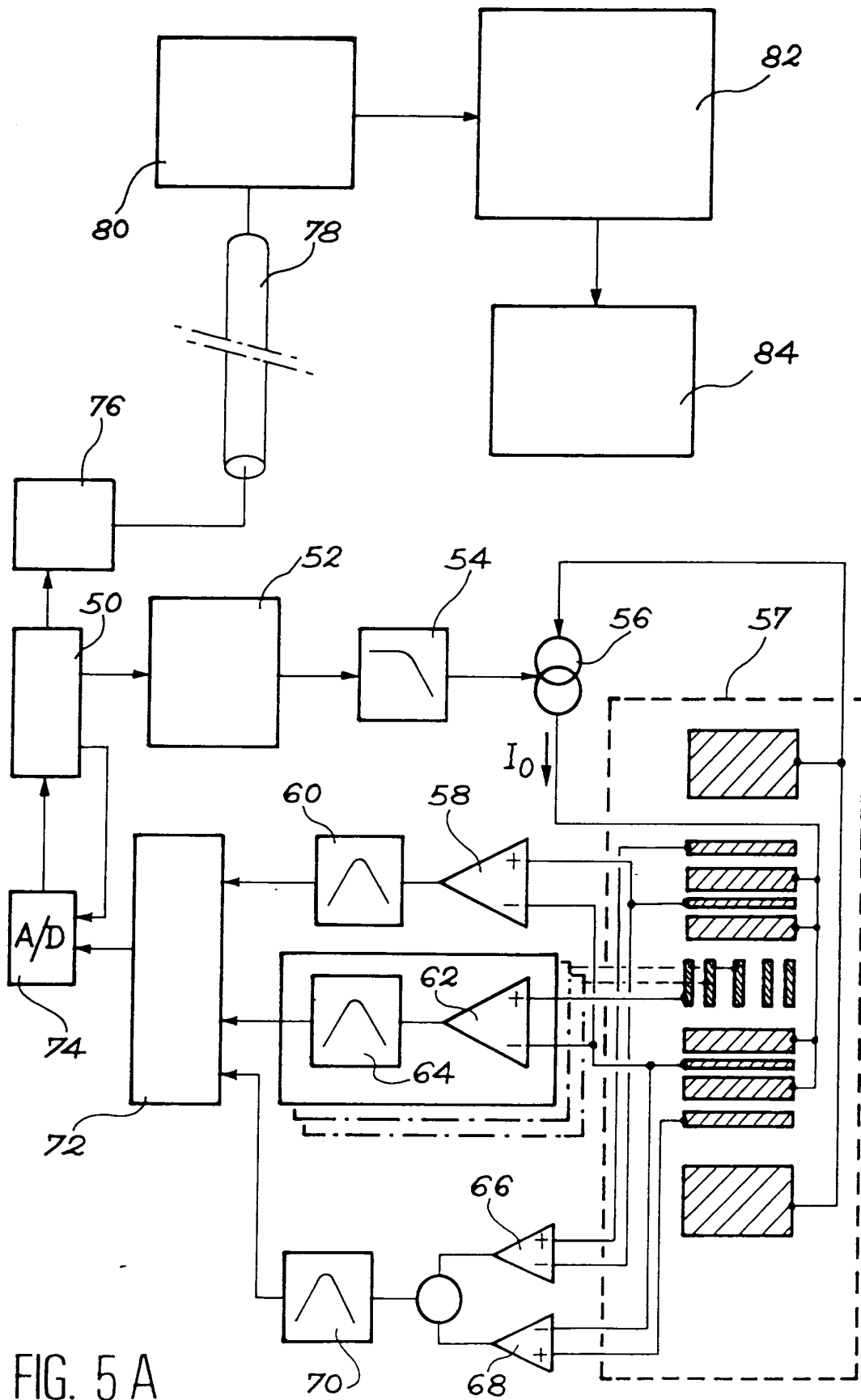


FIG. 5 A

5 / 5

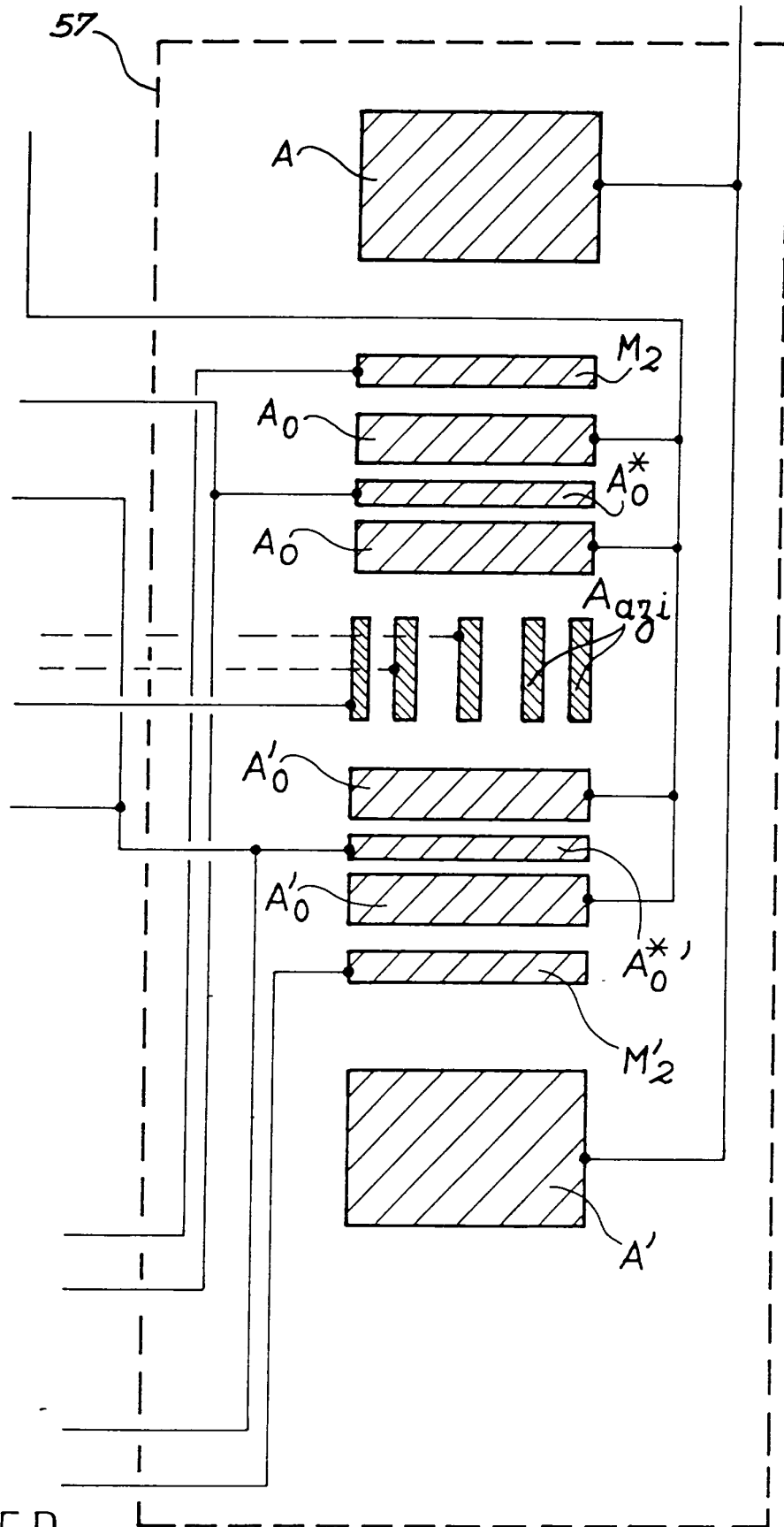


FIG. 5B

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 556 114 A (SCHLUMBERGER LTD ;SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV (NL); SCHLUMBERGER HO) 18 Août 1993 * revendications *	1,2,4-6, 8,9,14, 15
A	--- EP 0 552 088 A (SCHLUMBERGER LTD ;SCHLUMBERGER SERVICES PETROL (FR); SCHLUMBERGER) 21 Juillet 1993 * colonne 5, ligne 48 - ligne 57 * * colonne 1, ligne 47 - colonne 2, ligne 17 *	3,7,11, 12
A	--- EP 0 544 584 A (SCHLUMBERGER LTD ;SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV (NL); SCHLUMBERGER HO) 2 Juin 1993 -----	1-19
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G01V
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
13 Août 1996		Swartjes, H
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1