

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Numéro de publication: **0 380 893 B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

45 Date de publication de fascicule du brevet: **25.08.93** 51 Int. Cl.⁵: **E21B 4/00, E21B 7/06**

21 Numéro de dépôt: **89403566.6**

22 Date de dépôt: **19.12.89**

54 **Equipement pour garniture de forage comportant un élément à actionner, un moteur et des moyens de commande.**

30 Priorité: **30.12.88 FR 8817599**

43 Date de publication de la demande:
08.08.90 Bulletin 90/32

45 Mention de la délivrance du brevet:
25.08.93 Bulletin 93/34

84 Etats contractants désignés:
GB IT NL

56 Documents cités:
WO-A-88/03222 FR-A- 2 432 079
GB-A- 2 113 275 US-A- 2 251 916
US-A- 3 888 319 US-A- 3 967 680
US-A- 4 040 495 US-A- 4 305 474

73 Titulaire: **INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**
4, Avenue de Bois Préau
F-92502 Rueil-Malmaison(FR)

72 Inventeur: **Morin, Pierre**
113, rue Danton
F-92300 Levallois Perret(FR)
Inventeur: **Bardin, Christian**
67, avenue de la République
F-92500 Rueil Malmaison(FR)
Inventeur: **Boulet, Jean**
3, rue Alexis Karrel
F-75015 Paris(FR)

EP 0 380 893 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

La présente invention concerne un équipement pour garniture de forage éventuellement à trajectoire contrôlée et la garniture elle-même.

Cet équipement est destiné à être placé sur une garniture elle-même destinée à être placée à l'extrémité d'un train de tiges de forage. Cette garniture permet de maîtriser en temps réel les variations de direction et d'inclinaison du forage. En outre, elle permet de maîtriser l'azimut, le rayon de courbure de façon précise et de réduire les phénomènes de frottement et de limiter les risques de coincement et ceci sans nécessiter de remonter ladite garniture en surface.

On connaît par le document US-A-3888319 un équipement de forage comportant un moteur d'entraînement en rotation un outil de forage, un organe à actionner, des instruments de mesure et des moyens de puissance pour actionner ledit organe. Les instruments de mesure transmettent électriquement hors du puits des informations de positionnement du forage. Une centrale hydraulique commande l'organe par envoi d'une pression hydraulique.

L'équipement de garniture de forage selon la présente invention comporte un moteur de forage, un organe à actionner, des moyens de détection d'information et des moyens de puissance pour commander cet organe. Le moteur comporte une zone de transformation d'énergie qui permet d'entraîner en rotation un outil de forage, cette zone a une extrémité supérieure. L'équipement de forage comporte un circuit pour la circulation du fluide de forage à travers la garniture de forage. Selon la présente invention l'organe à actionner et au moins l'un des éléments de l'ensemble constitué par les moyens de détection et les moyens de puissance sont situés de part et d'autre de ladite extrémité supérieure. Les moyens de détections sont adaptés à détecter des informations de télécommande dudit organe transmises par le fluide de forage. Les moyens de puissance et l'organe sont reliés mécaniquement, c'est-à-dire que le transfert de mouvement entre les moyens de puissance et l'organe s'effectuent mécaniquement et non hydrauliquement. L'organe à actionner et l'outil de forage sont situés d'un même côté relativement à l'extrémité supérieure.

Les deux éléments de cet ensemble peuvent être situés d'un même côté relativement à l'extrémité supérieure.

Les moyens de détections peuvent être adaptés à détecter l'une au moins des grandeurs suivantes, une vitesse de rotation telle la vitesse de rotation du rotor du moteur, une contrainte mécanique telle une contrainte liée au poids appliqué sur l'outil de forage, une pression de fluide, un débit de fluide, et une séquence prédéterminée concer-

nant une ou plusieurs des valeurs mentionnées ci-dessus.

Les moyens de puissance peuvent prélever l'énergie nécessaire à la commande de l'organe à actionner sur un écoulement de fluide.

Les moyens de puissance peuvent être situés d'un côté opposé à l'organe à actionner relativement à l'extrémité supérieure. Un élément de transmission notamment mécanique transmet alors de part et d'autre de l'extrémité supérieure le mouvement d'actionnement de l'organe.

L'élément de transmission peut également servir de corps au moteur de forage.

L'élément de transmission peut transmettre un moment de rotation.

Les moyens de puissance peuvent comporter un arbre transformant un mouvement axial en un mouvement de rotation.

L'équipement selon l'invention peut comporter des moyens d'émission d'une information adaptée à émettre un signal lorsque l'organe à actionner l'a été effectivement.

L'organe à actionner peut être un élément coudé à angle variable situé entre la zone de transformation d'énergie et l'outil de forage ou un stabilisateur à géométrie variable situé entre ladite extrémité supérieure et l'outil de forage.

L'organe à actionner peut être intégré au moteur de mine.

L'organe de détection et les moyens de puissance peuvent être intégrés au moteur.

La garniture selon la présente invention comprend un outil de forage placé à l'extrémité inférieure de ladite garniture, un moteur d'entraînement en rotation dudit outil ainsi qu'au moins un stabilisateur à géométrie variable.

La garniture selon l'invention pourra comporter un autre stabilisateur et/ou un élément coudé.

L'élément coudé pourra être à angle fixe ou à angle variable. L'élément coudé pourra être intégré audit moteur.

Le stabilisateur à géométrie variable pourra comporter des moyens adaptés à faire varier la distance entre l'axe de ladite garniture et la surface d'appui d'au moins une lame du stabilisateur et/ou des moyens adaptés à faire varier au moins axialement la position de la surface d'appui d'au moins une lame dudit stabilisateur.

La garniture selon la présente invention pourra comporter au moins un stabilisateur qui est solidaire en rotation dudit outil.

La garniture selon la présente invention pourra comporter au moins un stabilisateur solidaire en rotation du corps du moteur.

Le ou les stabilisateur(s) à géométrie variable pourront être télécommandés éventuellement depuis la surface.

La garniture selon la présente invention pourra comporter un stabilisateur à géométrie variable ainsi que deux autres stabilisateurs placés de part et d'autre dudit stabilisateur à géométrie variable. L'élément coudé pourra être intégré audit moteur

Bien entendu la garniture comportant l'équipement selon l'invention pourra assurer le contrôle de l'azimut (de la direction du forage), ce qui pourra être facilité grâce à un élément coudé intégré dans le moteur de fond aucune rotation n'étant appliquée au train de tiges depuis la surface.

La maîtrise du rayon de courbure est facilitée par l'association d'un coude et d'un stabilisateur.

Par un élément coudé, on entend un organe introduisant ou pouvant introduire localement, si ce n'est ponctuellement, une discontinuité de la direction de l'axe du train de tiges. C'est-à-dire, que l'axe de la garniture de forage est une ligne brisée au niveau de l'élément coudé.

La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la description qui suit d'exemples particuliers nullement limitatifs illustrés par les figures ci-annexées, parmi lesquelles

- la figure 1 représente une garniture de forage,
- les figures 2 à 4 montrent différents types de stabilisateurs à géométrie variable,
- la figure 5 illustre une garniture comportant trois stabilisateurs dont l'un au moins est à géométrie variable,
- les figures 6 et 7 montrent deux variantes de disposition d'un stabilisateur,
- la figure 8 illustre un mode de réalisation particulier à trois stabilisateurs et à un élément coudé,
- les figures 9A et 9B représentent un mode de réalisation de la présente invention dans lequel on peut faire varier l'angle d'un coude se situant au niveau du joint universel d'un moteur de fond,
- la figure 10 représente le dispositif de la figure 9B dans une configuration différente,
- la figure 11 représente la partie inférieure d'un deuxième mode de réalisation de la présente invention venant en lieu et place de la figure 9B, dans lequel on peut faire varier la position d'une ou plusieurs lames d'un stabilisateur par rapport à l'axe principal du corps tubulaire extérieur. Cette figure comporte deux demi-coupes représentant deux positions différentes des lames du stabilisateur,
- la figure 12 montre une vue développée d'un profil de fond de gorge utilisé dans le dispositif représenté à la figure 11,
- la figure 13 illustre un détail d'organe de transmission de couple entre deux éléments

tubulaire tout en permettant une flexion entre ces deux éléments, cette figure représente ce détail sous la forme développée,

- les figures 14 et 15 représentent la trajectoire d'un forage,
- les figures 16 à 18 montrent la manière de contrôler la trajectoire d'un forage dans le cas d'utilisation d'une garniture comportant trois stabilisateurs dont l'un est à géométrie variable,
- les figures 19 à 21 illustrent la même chose dans le cas où la garniture comporte en plus un élément coudé, et
- les figures 22 et 23 illustrent deux variantes d'agencement des différents éléments de l'équipement selon l'invention.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, la référence 1 désigne la surface du sol à partir de laquelle on réalise le forage d'un puits 2. La référence 3 désigne l'installation de surface dans son ensemble.

L'équipement de forage 4 comporte un train de tiges de forage 5 à l'extrémité duquel est fixée une garniture de forage 6.

La garniture de forage 6 correspond à l'extrémité inférieure de l'équipement de forage et peut être considérée comme faisant partie du train de tiges de forage.

Une garniture de forage présente généralement une longueur de quelques dizaines de mètres, dont la trentaine de mètres la plus proche de l'outil de forage est généralement considérée comme active en ce qui concerne le contrôle de la trajectoire.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, la garniture de forage comporte un outil de forage 7, un moteur de fond 8 et un stabilisateur à géométrie variable 9.

Dans ce mode de réalisation l'outil de forage 7 peut être entraîné en rotation par le moteur de fond 8, ou par le train de tiges 5 qui peut être entraîné en surface par des moyens moteurs 10, tels qu'une table tournante.

Par stabilisateur à géométrie variable, on entend, selon la présente invention, que l'on peut agir sur celui-ci pour faire varier la configuration géométrique des points d'appuis des lames sur les parois du puits foré, cette variation devant être considérée pour une même position de la garniture dans le puits foré.

Sur les figures 2 à 4 on a représenté différents types de stabilisateurs à géométrie variable.

La référence 11 désigne la portion de tige qui porte le stabilisateur 12.

Sur la figure 2 le stabilisateur comporte plusieurs lames dont deux sont représentées : les lames 13 et 14.

Dans ce mode de réalisation les lames peuvent se déplacer de manière à faire varier la distance d

qui sépare l'axe 15 de la portion de tige 11, de la surface de frottement 16 de la lame 14 ou 13.

Sur la figure 2 les flèches représentent le mouvement des lames. Des positions possibles des lames ont été représentées en pointillés.

La figure 3 représente un stabilisateur à géométrie variable dans lequel les lames 18 se déplacent axialement, comme représenté par les flèches. Les pointillés représentent des positions possibles des lames 18.

La figure 4 représente le cas où il y a une seule lame 17 qui se déplace. Ce type de stabilisateur est souvent qualifié de "off-set". Bien entendu on obtient le même effet de décentrement de l'axe 15 en ayant plusieurs lames mobiles placées d'un même côté d'un plan axial contenant l'axe 15, ou bien en faisant se mouvoir plus amplement les lames se trouvant d'un même côté d'un plan axial contenant l'axe 15 que les lames se trouvant de l'autre côté de ce même plan.

On ne sortira pas du cadre de la présente invention en utilisant des stabilisateurs à géométrie variable d'autres types que ceux décrits précédemment, notamment en utilisant des lames qui combinent les différents mouvements mentionnés précédemment.

Bien entendu, les lames pourront avoir une forme hélicoïdale, comme représenté à la figure 5, notamment pour le stabilisateur central.

La figure 5 représente un mode de réalisation différent de celui de la figure 1.

Dans ce nouveau mode de réalisation la référence 19 désigne l'outil de forage qui est fixé à un arbre 20 entraîné par le moteur 21.

La référence 22 désigne un stabilisateur à géométrie fixe comportant des lames 23 rectilignes et parallèles à l'axe de la garniture 24.

La référence 25 désigne un stabilisateur à géométrie variable comportant des lames 26 dont les surfaces de frottement ou de coupe 27 sont mobiles.

Dans ce mode de réalisation les lames ont une forme hélicoïdale.

La référence 28 désigne un stabilisateur à géométrie fixe à lame hélicoïdale 29.

Le moteur 21 peut être un moteur à lobes du type "Moineau", ou une turbine alimentée en fluide de forage à partir d'un passage 30 aménagé dans la garniture, ce passage étant lui-même alimenté en fluide de forage à partir du train de tiges qui est creux. Après avoir traversé le moteur 21 le fluide de forage est dirigé vers l'outil 19 pour évacuer les débris.

Le moteur 21 pourra également être un moteur électrique alimenté par exemple depuis la surface par l'intermédiaire d'un câble.

Sur la figure 5 le stabilisateur 25 à géométrie variable est entouré de part et d'autre par des

stabilisateurs à géométrie fixe 22 et 28. Cette disposition est avantageuse, mais nullement limitative. De même, la garniture pourra comporter plusieurs stabilisateurs à géométrie variable.

Concernant le stabilisateur inférieur, c'est-à-dire celui qui est le plus près de l'outil 19, celui-là pourra être placé soit sur le corps 32 extérieur du moteur 33, comme c'est le cas de la figure 6, soit sur l'arbre 34 d'entraînement en rotation de l'outil 19. C'est le cas de la figure 7. Sur ces deux figures le stabilisateur porte la référence 31.

La garniture selon l'invention pourra comporter un élément coudé à angle variable ou fixe.

La figure 8 représente une telle garniture. Cette garniture qui est particulièrement performante comporte, en ce qui concerne sa partie inférieure (environ 30 premiers mètres) :

- un outil de forage 35 adapté aux terrains à forer, tel un outil à molettes, à élément de coupe en diamant polycristallin ou tout autre matériau synthétique et pouvant supporter une vitesse de rotation cohérente avec l'utilisation d'un moteur de fond. Il est nécessaire de choisir un outil de forage dont la durée de vie sera importante.
- un moteur de fond (ici volumétrique) 36 dont le corps forme un élément coudé ou coude 37 dans sa moitié inférieure et équipé d'un stabilisateur 38 positionné sur la partie coudée du moteur 36, le coude 37 aura un angle de préférence inférieur à 3 degrés.
- un stabilisateur à diamètre variable 39 qui pourra être télécommandé depuis la surface.
- une masse tige 40 comportant des moyens de mesure en cours de forage (MwD) mesurant les principaux paramètres directionnels (Inclinaison, Azimut, Face outil) et les transmettant vers la surface.
- un stabilisateur 41 à diamètre constant
- la garniture comprendra ensuite des masses-tiges 42, éventuellement un ou plusieurs autres stabilisateurs, des tiges lourdes, une coulisse de battage, l'ensemble étant relié à la surface par des tiges de forage.

Les figures suivantes montrent des exemples de réalisation selon la présente invention d'un stabilisateur à géométrie variable, ou d'un élément coudé à angle variable.

Les figures 9A, 9B et 10 montrent un mode de réalisation particulièrement avantageux d'un élément coudé à angle variable. Selon ce mode de réalisation un élément de forme tubulaire comporte dans sa partie supérieure un filetage 59 permettant la liaison mécanique à la garniture de forage et dans sa partie inférieure un filetage 60 sur l'arbre de sortie 46, afin de visser l'outil de forage 47.

Les principales fonctions sont assurées :

A. par le moteur de fond 55 représenté sur la figure 9A sous forme d'un moteur volumétrique multilobes de type Moineau, mais pouvant être tout type de moteur de fond (volumétrique ou turbine) couramment utilisé pour la foration terrestre et qui ne feront donc pas l'objet d'une description détaillée. La référence 91 désigne la zone de transformation d'énergie du moteur. La référence 90 désigne l'extrémité supérieure de cette zone.

B. par un mécanisme de télécommande 62 ayant pour fonction de capter l'information de changement de position et de provoquer la rotation différentielle du corps tubulaire 44 relativement au corps tubulaire 43.

C. par un mécanisme 64 d'entraînement et d'encaissement des efforts axiaux et latéraux reliant le moteur de fond 55 à l'arbre de sortie 46 qui ne sera pas décrit ici, car il est connu de l'homme de métier.

D. par un mécanisme de variation de la géométrie 63 basé sur la rotation du corps tubulaire 44. La référence 57 désigne un joint universel. Celui-ci est utile lorsque le moteur est de type Moineau ou/et lorsqu'il est utilisé un élément coudé 63.

Le mécanisme de télécommande se compose d'un arbre 48 pouvant coulisser dans sa partie supérieure dans l'alésage 65 du corps 43 et pouvant coulisser dans sa partie inférieure dans l'alésage 66 du corps 44. Cet arbre comporte des cannelures mâles 49 engrenant dans des cannelures femelles du corps 43, des rainures 50 alternativement droites (parallèles à l'axe du corps tubulaire 43) et obliques (inclinaison par rapport à l'axe du corps tubulaire 43) dans lesquelles viennent s'engager des doigts 67 couissant suivant un axe perpendiculaire à celui du déplacement de l'arbre 48 et maintenu en contact avec l'arbre par des ressorts 68, des cannelures mâles 51 engrenant avec des cannelures femelles du corps 44 uniquement lorsque l'arbre 48 est en position haute.

L'arbre 48 est équipé dans sa partie basse d'un usage 52 en face duquel se trouve une aiguille 53 coaxiale au déplacement de l'arbre 48. Un ressort de rappel 54 maintient l'arbre en position haute, les cannelures 51 engrenant dans les cannelures femelles équivalentes du corps 44. Les corps 43 et 44 sont libres en rotation au niveau de la portée tournante 69 coaxiale aux axes des corps 43 et 44 et composée de rangées de galets cylindriques 70 insérés dans leurs chemins de roulement 72 et extractibles à travers les orifices 74 par démontage de la porte 71.

Le usage 52 et l'aiguille 53 forment des moyens de détection d'une information en l'occurrence un seuil de débit. L'arbre 48 avec ses aménagements constitue les moyens de puissance

pour activer l'élément coudé 64 par l'intermédiaire du corps tubulaire 44 qui constitue un élément de transmission.

Une réserve d'huile 76 est maintenue à la pression du fluide de forage par l'intermédiaire d'un piston libre annulaire 77. L'huile vient lubrifier les surfaces coulissantes de l'arbre 48 par l'intermédiaire du passage 78.

L'arbre 48 est usiné de telle sorte qu'un alésage 79 axial autorise le passage du fluide de forage selon la flèche f.

Le mécanisme de variation d'angle à proprement parler qui est l'organe à actionner dans cet exemple comporte un corps tubulaire 45 qui est solidaire en rotation du corps tubulaire 44 par l'intermédiaire d'un accouplement 56. Le corps tubulaire 45 peut tourner par rapport au corps tubulaire 43 au niveau de la portée tournante 63 comprenant des galets 75 et ayant un axe oblique par rapport aux axes des corps tubulaires 43 et 45.

Un mode de réalisation envisageable pour l'accouplement 56 est représenté sur la figure 13.

Le fonctionnement du mécanisme de télécommande est décrit ci-après. Ce type de télécommande se fonde sur une valeur-seuil du débit traversant le mécanisme suivant la flèche f.

Quand un débit Q traverse l'arbre 48 il se produit une différence de pression ΔP entre la partie amont 82 et la partie aval 83 de l'arbre 48. Cette différence de pression augmente quand le débit Q augmente en suivant une loi de variation du type $\Delta P = kQ^n$, k étant une constante et n compris entre 1,5 et 2,0 en fonction des caractéristiques du fluide de forage. Cette différence de pression ΔP s'applique sur la section S de l'arbre 48 et crée une force F tendant à déplacer par translation l'arbre 48 vers le bas en comprimant le ressort de rappel 54. Pour une valeur-seuil du débit cette force F deviendra suffisamment importante pour vaincre la force de rappel du ressort et provoquera une légère translation de l'arbre. Du fait de cette translation la duse 52 viendra entourer l'aiguille 53 qui provoquera une forte diminution de la section de passage du fluide de forage et donc une forte augmentation de la différence de pression ΔP et donc une augmentation importante de la force F assurant la descente complète de l'arbre 48, malgré l'augmentation de la force de rappel du ressort 54 due à sa compression.

De par la forme de l'usinage des gorges 50 décrite dans le brevet FR-2.432.079, les doigts 67 vont suivre la partie oblique des gorges 50 lors de la course descendante de l'arbre 48 et vont donc provoquer la rotation du corps tubulaire 44 par rapport au corps tubulaire 43, ce qui est rendu possible par le fait que les cannelures mâles 51 vont se désengager des cannelures femelles correspondantes du corps 44 au début de la course

descendante de l'arbre 48.

L'arbre étant arrivé en butée basse, le fait de couper le débit va permettre au ressort de rappel 54 de pousser l'arbre 48 vers le haut. Les doigts 67 suivront pendant cette course ascendante les parties rectilignes des gorges 50. En fin de course les cannelures 51 vont s'enclencher de nouveau afin de solidariser en rotation les corps tubulaires 43 et 44.

La figure 13 représente de manière développée des pièces 97 et 98 qui permettent de transmettre la rotation du corps tubulaire 44 au corps tubulaire 45 tout en permettant un mouvement angulaire relatif de ces deux corps tubulaires.

Afin de transmettre une information en surface indiquant que l'arbre 43 a atteint sa position basse, l'aiguille 53 pourra comporter une variation de diamètre. Dans le cas de la figure 9A il s'agit d'une augmentation de diamètre 84. Ainsi lorsque la duse arrive au niveau de cette protubérance 84 il y a diminution de la section de passage du fluide ce qui se traduit par à débit constant une surpression dans le fluide de forage.

Cette surpression est détectable en surface. La position de la protubérance 84 est telle que la surpression n'apparaît que lorsque l'arbre 48 est en fin de course basse.

La pièce 97 comporte des logements 99 dans lesquels viennent coopérer des tiges 100 comportant des sphères 101. Ainsi bien que corps tubulaire solidaire de la pièce 97 fléchisse relativement au corps tubulaire solidaire de la pièce 98. Il y a entraînement en rotation d'un corps tubulaire par l'autre. Ainsi ces deux pièces ont le même rôle qu'un joint de cardan creux.

La variation de l'angle est obtenue par la rotation du corps tubulaire 44 relativement au corps tubulaire 43 qui provoque par l'intermédiaire du mécanisme d'entraînement 56 la rotation du corps tubulaire 45 par rapport à ce même corps tubulaire 43. Cette rotation se faisant autour d'un axe oblique par rapport aux deux axes des corps 43 et 45 va provoquer une modification de l'angle que forment les axes des corps 43 et 45. Cette variation d'angle est détaillée dans le brevet FR-2.432.079. La figure 10 montre la même partie du dispositif que celle représentée à la figure 9B, mais dans une position géométriquement différente.

Il est décrit maintenant un mode de réalisation où l'organe à actionner est un stabilisateur à géométrie variable. Le mécanisme de télécommande de ce stabilisateur est le même que celui décrit précédemment.

La figure 11 décrit le mécanisme de variation de position d'une ou plusieurs lames d'un stabilisateur intégré. La figure 11 peut être considérée comme étant la partie inférieure de la figure 9A.

A l'extrémité inférieure du corps 44 sont usinées des gorges 92 dont la profondeur diffère en fonction du secteur angulaire concerné. Viennent s'appliquer au fond de ces gorges des poussoirs 93 sur lesquels s'appuient des lames 94 droites ou de forme nélicoïdale sous l'effet de ressorts de rappel à lames 95 positionnés sous des capots de protection 96.

Le fonctionnement du mécanisme de variation de position d'une ou de plusieurs lames est indiqué ci-dessous.

Lors de la rotation du corps tubulaire 44 par rapport au corps tubulaire 43 provoquée par le déplacement de l'arbre 48, les poussoirs 93 vont se trouver sur un secteur de la gorge 92 dont la profondeur sera différente. Cela provoquera une translation des lames, soit en s'éloignant, soit en se rapprochant de l'axe du corps.

La figure 11 montre du côté droit une lame en position "rentrée" et du côté gauche une lame en position "sortie". Plusieurs positions intermédiaires sont envisageables, selon le pas de rotation angulaire du mécanisme télécommandé de rotation.

La figure 12 montre la courbe développée du profil du fond de la gorge 92. Ce profil peut correspondre, par exemple, au cas de trois lames commandées à partir d'une même gorge.

L'abscisse représente le rayon du fond de gorge en fonction de l'angle au centre à partir d'une position angulaire de référence. Etant donné que l'on commande les trois lames à partir d'une même gorge et sur un tour, le profil se reproduit à l'identique tous les 120 degrés. C'est pour cela qu'il n'a été représenté que sur 120 degrés. Lorsque le doigt 93 d'une lame du stabilisateur coopère avec la portion du profil de fond de gorge correspondant au palier 1A, cette lame est en position entrée. Une rotation de 40 degrés de la gorge entraîne une modification du rayon de fond de gorge de la position correspondant au palier 1A à celle correspondant au palier 2A et donc à une position intermédiaire de sortie de la lame. Une autre rotation de 40 degrés entraîne une augmentation du rayon de fond de gorge correspondant au palier 3A et à une sortie maximum de la lame. Entre chaque palier une rampe X permet une sortie progressive de la lame.

La rampe Y est une rampe descendante qui ramène le dispositif à la position rentrée correspondant au palier 4A de même valeur que le palier 1A.

Il est décrit maintenant une méthode de mise en oeuvre d'une telle garniture comportant un équipement selon l'invention et utilisant notamment les moyens d'entraînement en rotation de l'ensemble du train de tiges.

Une application de cette méthode est décrite ci-après, elle fait référence à la garniture de la figure 8.

Cette garniture est particulièrement bien adaptée pour forer une section d'un puits, cette section forée comprenant :

1. une phase verticale ;
2. une amorce de déviation dans un azimut donné de 0 degré à 10 degrés, par exemple, en suivant une trajectoire précise ;
3. une phase de montée en angle en suivant une trajectoire (rayon de courbure) donnée, par exemple 10 à 30 degrés, 40 degrés, voire 50 degrés etc..
4. une correction éventuelle d'azimut, pendant ou après la troisième phase.
5. forage d'une partie à angle constant
6. correction d'angle et/un azimut.

Cela est rendu possible par la combinaison du moteur de fond coudé et du stabilisateur à diamètre variable.

Cette combinaison est parfaitement exploitée en alternant les périodes de forage avec rotation de la garniture de forage depuis la surface avec les périodes de forage directionnel où la garniture est maintenue dans une position (tool face) donnée. Lors de ces deux types de période, le rayon de courbure de la trajectoire de l'outil de forage pourra être modifié par variation de la géométrie (par exemple le diamètre) du stabilisateur, en plus des méthodes actuellement disponibles (variation du poids à l'outil, variation de la vitesse de rotation etc....).

La figure 14 représente la projection de la trajectoire sur le plan vertical et la figure 15 représente la projection de la trajectoire sur le plan horizontal.

La référence 102 désigne la phase sensiblement verticale du forage. Cette phase est effectuée en tournant l'ensemble de la garniture à partir du train de tiges. Le diamètre du stabilisateur à géométrie variable 39 est de préférence égal au diamètre du stabilisateur à géométrie fixe supérieur 41.

La référence 103 désigne l'amorce de la déviation de 0 à 10 degrés environ qui s'obtient par une orientation du coude 37 dans l'azimut souhaité du forage suivie d'un entraînement en rotation de l'outil 35 à partir du moteur de fond 36, sans qu'il y ait entraînement de l'ensemble de la garniture de forage à partir du train de tiges. Le rayon de courbure du puits peut être réglé par la variation du diamètre du stabilisateur à géométrie variable 39. Ainsi, par exemple, pour une inclinaison inférieure à 5 degrés, le rayon de courbure augmente lorsque le diamètre du stabilisateur augmente. Cette tendance s'inverse pour des inclinaisons plus importantes.

La référence 104 désigne la phase de montée en angle de 10 degrés environ jusqu'à l'inclinaison souhaitée, sans intervention sur la direction du puits. Cette phase s'obtient en faisant tourner la

garniture dans son ensemble à partir du train de tiges. Le rayon de courbure est ajusté par le diamètre du stabilisateur à géométrie variable 39.

La référence 105 désigne une phase de correction de l'azimut qui peut s'effectuer avec ou sans correction d'angle. Dans le cas des figures 14 et 15, il n'y a pas de correction d'angle. Cette correction d'azimut s'effectue par l'orientation de l'élément coudé dans la direction appropriée pour aboutir à la correction d'orientation souhaitée et l'entraînement de l'outil par le moteur de fond, sans qu'il y ait un entraînement de l'ensemble de la garniture par le train de tiges.

Le choix du diamètre du stabilisateur à géométrie variable 39 permet de contrôler le rayon de courbure de la trajectoire.

La référence 106 désigne une phase de forage à inclinaison constante sans contrôle de l'azimut. Cette phase de forage peut être réalisée par un entraînement en rotation de l'ensemble de la garniture de forage à partir du train de tiges.

La phase référencée 107 est une phase de correction d'azimut du même type que celle décrite précédemment et qui porte la référence 105.

Les phases référencées 108 et 110 sont des phases de forage à inclinaison constante sans contrôle de l'azimut. Elles sont du même type que la phase qui porte la référence 106.

Les phases référencées 109 et 111 sont des phases de diminution de l'angle d'inclinaison.

Les phases décrites précédemment se suivent dans le temps dans l'ordre des numéros des références qui leur sont affectés, allant de 102 à 111.

La référence 112 désigne la cible à atteindre par le forage.

Bien entendu, pour d'autres applications la succession des différentes phases et leur type pourront varier en fonction de conditions rencontrées en cours de forage et des objectifs à atteindre.

Les figures 16 à 18 illustrent le contrôle de la direction du forage à l'aide d'une garniture comportant trois stabilisateurs, un stabilisateur à géométrie variable 113 et deux stabilisateurs à géométrie fixe situés de part et d'autre du stabilisateur à géométrie variable.

L'inclinaison du forage est supposée être à 30 degrés par rapport à la verticale. La référence 114 désigne le stabilisateur à géométrie fixe supérieur et la référence 115 le stabilisateur à géométrie fixe inférieur situé près de l'outil de forage 116. Dans cet exemple le stabilisateur fixe 115 est solidaire du corps du moteur 117.

La position intermédiaire des lames du stabilisateur 113 représentée à la figure 16 correspond à un forage à angle d'inclinaison constant.

La position des lames 118 du stabilisateur 113 représentée à la figure 17 correspond à une sortie

maximale de celles-ci : ceci entraîne une diminution de l'inclinaison. L'outil 116 a tendance à forer dans le sens de la flèche 119.

Sur la figure 18 les lames du stabilisateur variable 113 sont en position entrée maximale. Ceci correspond à une augmentation de l'angle d'inclinaison et l'outil 116 a tendance à partir dans le sens de la flèche 120.

Le contrôle de l'azimut par une garniture telle celle représentée aux figures 16 à 18 est possible lorsqu'elle comporte au moins un stabilisateur à décentrement (ou stabilisateur off-set, qu'il soit ou non à géométrie variable.

Les figures 19 à 21 correspondent à une garniture similaire à celle des figures 16 à 18, mais qui de plus comporte un élément coudé 121. Les éléments identiques aux figures 19 à 21 et 16 à 18 portent des références identiques.

Dans cet exemple le coude 121 est supposé être à géométrie fixe et possède un angle de déviation voisin de 1 degré.

Dans la position intermédiaire des lames du stabilisateur 113, l'entraînement de l'ensemble de la garniture par le train de tiges (non représenté) provoque un forage à inclinaison constante. Dans ce mode de fonctionnement l'élément coudé 121 n'a qu'une très faible influence sur le comportement de la garniture. Sur la figure 20 le coude 121 est positionné de manière à orienter le forage vers le bas de la figure dans le sens de la flèche 119. Cette position représentée en trait mixte 122 est qualifiée par les termes de "Low side" par le foreur.

La vérification de la position angulaire de l'élément coudé 121 se fait généralement à l'aide de moyens de mesure classiques positionnés dans la garniture de forage. Le réglage de cette position est obtenu par rotation du train de tiges d'un angle d'une valeur approprié depuis la surface.

Dans ce mode de fonctionnement l'entraînement en rotation de l'outil 116 se fait par le moteur 117.

Sur la figure 20 le centreur à géométrie variable 113 amplifie la diminution de l'angle d'inclinaison.

La figure 21 représente un coude orienté vers le haut position généralement qualifiée de "high side" par le foreur, comme représenté par le trait mixte 123.

Dans ce mode de réglage l'angle d'inclinaison du forage augmente.

Le contrôle et le maintien de la position du coude 121 se fait de la même manière qu'expliqué précédemment.

Dans la présente demande l'angle d'inclinaison est considéré par rapport à la direction verticale.

La figure 22 représente le cas où l'organe à actionner 89 est situé d'un même côté que l'outil

de forage 88 relativement à la zone de transformation d'énergie 87 du moteur, alors que les moyens de puissance 86 pour actionner l'élément 89 sont situés du côté opposé.

La référence 90 désigne l'extrémité supérieure de la zone de transformation d'énergie 87 du moteur.

La référence 85 désigne les moyens de détection de l'information. Ces moyens peuvent être placés soit au-dessus de l'extrémité supérieure 90 soit au-dessous notamment lorsque l'information de déclenchement de l'actionnement est transmise par le poids sur l'outil.

La figure 23 représente le cas où les moyens de détection 85 sont situés au-dessus de l'extrémité supérieure 90 de la zone de transformation d'énergie 87 du moteur et où les moyens de puissance pour commander l'organe d'actionnement sont situés au-dessous de cette extrémité supérieure 90.

Revendications

1. Equipement de garniture de forage (8, 21, 36, 55, 117) comportant un moteur de forage, un organe à actionner (25, 39 64, 113, 121), des moyens de détection d'information (52, 53, 85) et des moyens de puissance (48, 86) pour commander cet organe, ledit moteur comportant une zone de transformation d'énergie (91) permettant d'entraîner en rotation un outil de forage (47, 87), ladite zone ayant une extrémité supérieure (90), ledit équipement comportant une circulation de liquide de forage dans ladite garniture de forage, caractérisé en ce que ledit organe à actionner et au moins l'un des éléments de l'ensemble constitué par lesdits moyens de détection et lesdits moyens de puissance sont situés de part et d'autre de ladite extrémité supérieure, en ce que lesdits moyens de détection sont adaptés à détecter des informations de télécommande dudit organe transmises par le fluide de forage, les moyens de puissance et l'organe sont reliés mécaniquement, c'est-à-dire que le transfert de mouvement entre les moyens de puissance et l'organe s'effectue mécaniquement et non hydrauliquement, et en ce que ledit organe à actionner et ledit outil de forage sont situés d'un même côté relativement à ladite extrémité supérieure.
2. Equipement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux éléments dudit ensemble sont situés d'un même côté relativement à ladite extrémité supérieure.

3. Equipement selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que les moyens de détection sont adaptés à détecter l'une au moins des grandeurs suivantes : une vitesse de rotation, telle la vitesse de rotation du rotor du moteur, une contrainte mécanique, telle une contrainte liée au poids appliqué sur l'outil de forage, une pression de fluide, un débit de fluide, et une séquence prédéterminée concernant une ou plusieurs des valeurs mentionnées ci-dessus. 5
4. Equipement selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que lesdits moyens de puissance prélèvent l'énergie nécessaire à la commande dudit organe à actionner sur un écoulement de fluide. 10
5. Equipement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens de puissance sont situés d'un côté opposé à l'organe à actionner relativement à ladite extrémité supérieure et en ce qu'il comporte un élément de transmission d'un mouvement mécanique d'actionnement dudit organe, de part et d'autre de ladite extrémité supérieure. 15
6. Equipement selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit élément de transmission est également un corps dudit moteur de forage. 20
7. Equipement selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit élément de transmission transmet un mouvement de rotation. 25
8. Equipement selon les revendications précédentes caractérisé en ce que les moyens de puissance comporte un arbre transformant (48) un mouvement axial en un mouvement de rotation. 30
9. Equipement selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'émission d'une information (84) adaptée à émettre un signal lorsque l'organe à actionner l'a été effectivement. 35
10. Equipement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'organe à actionner est un élément coudé à angle variable situé entre la zone de transformation d'énergie et l'outil de forage. 40
11. Equipement selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'organe à actionner est un stabilisateur à géométrie variable situé 45

entre ladite extrémité supérieure et l'outil de forage.

12. Equipement selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ledit organe à actionner est intégré au moteur. 50

13. Equipement selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit organe de détection et les moyens de puissance sont intégrés audit moteur. 55

Claims

1. Borehole equipment for drilling (8, 21, 36, 55, 117) comprising a drilling motor, an actuatable device (25, 39, 64, 113, 121), means for detecting information (52, 53, 85) and power means (48, 86) for controlling said device, said motor comprising an energy transformation zone (91) which drives a boring tool (47, 87) by rotation, said zone having an upper extremity (90), said equipment allowing for circulation of drilling liquid within said borehole, characterised in that said actuatable device and at least one of the components of the assembly consisting of said means of detection and said power means are situated on either side of said upper extremity, in that said means of detection are adapted so as to detect remote-control information from said device transmitted by the drilling fluid, the power means and the device are connected mechanically, i.e. movement is transferred between the power means and the device mechanically and not hydraulically, and in that said actuatable device and said boring tool are situated on the same side of said upper extremity. 15
2. Equipment according to Claim 1, characterised in that the two components of said assembly are located on the same side of said upper extremity. 20
3. Equipment according to one of Claims 1 and 2, characterised in that the means of detection are adapted to detect at least one of the following quantities: a speed of rotation, such as the speed of rotation of the rotor of the motor; a mechanical stress, such as that associated with the load applied to the boring tool; a fluid pressure; a fluid flow; and a predetermined sequence concerning one or several of the values mentioned above. 25
4. Equipment according to one of the preceding Claims, characterised in that said power means obtain the energy needed for controlling said 30

actuatable device from a flow of fluid.

5. Equipment according to one of the preceding Claims, characterised in that said power means are located on the opposite side of said upper extremity to the actuatable device, and in that they comprise a component for transmitting a mechanical actuating movement of said device, which component lies on either side of said upper extremity. 5
10
6. Equipment according to Claim 5, characterised in that said transmission component is also a member of said drilling motor. 15
7. Equipment according to one of Claims 5 or 6, characterised in that said transmission component transmits rotary motion. 20
8. Equipment according to the preceding Claims, characterised in that the power means comprise a shaft (48) which transforms axial motion into rotary motion. 20
9. Equipment according to one of the preceding Claims, characterised in that it comprises means (84) for emitting information adapted to send out a signal when the actuatable device is operating effectively. 25
30
10. Equipment according to one of the preceding Claims, characterised in that the actuatable device is an angled component of variable angle situated between the energy transformation zone and the boring tool. 35
11. Equipment according to one of Claims 1 to 9, characterised in that the actuatable device is a stabilizer with variable geometry situated between said upper extremity and the boring tool. 40
12. Equipment according to one of Claims 1 to 11, characterised in that said actuatable device is integral with the motor. 45
13. Equipment according to one of the preceding Claims, characterised in that said detecting mechanism and the power means are integral with said motor. 50

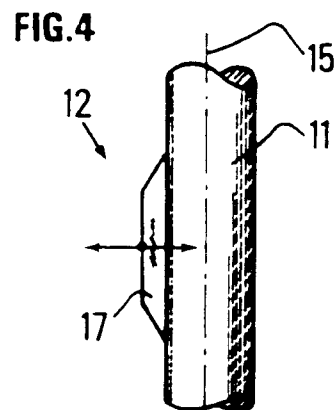
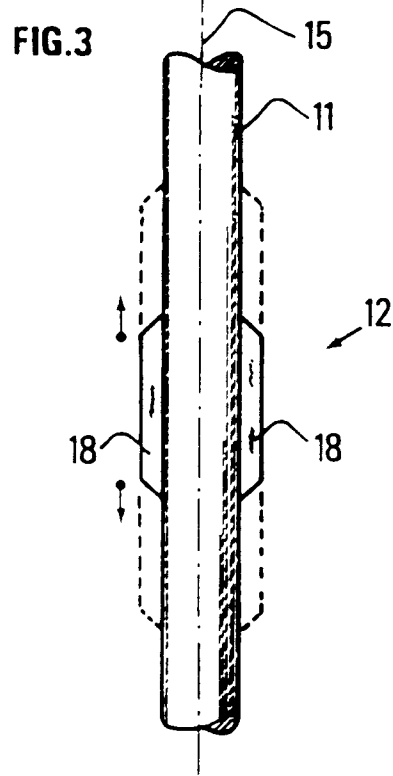
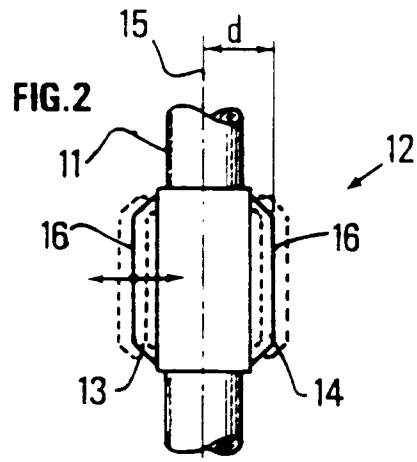
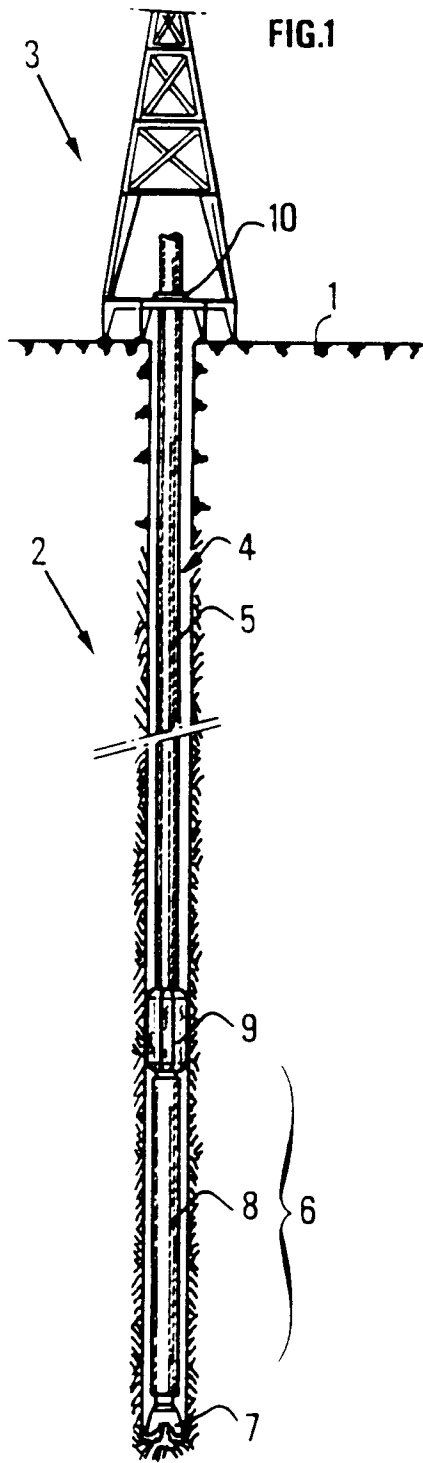
Patentansprüche

1. Vorrichtung von einer Bohrausrüstung (8, 21, 36, 55, 117), die einen Bohrmotor, eine Betätigungseinrichtung (25, 39, 64, 113, 121), Informationserfassungsmittel (52, 53, 85) und Leistungsmittel (48, 86) zum Bedienen dieser Einrichtung umfaßt, wobei der Motor einen Ener-

gieumwandlungsbereich (91) umfaßt, welcher gestattet, ein Bohrwerkzeug (47, 87) in Rotation zu versetzen, und ein oberes Ende (90) aufweist, und wobei die Vorrichtung einen Bohrflüssigkeitskreislauf in der Bohrausrüstung umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung, wenigstens eines der Elemente von der die Erfassungsmittel bildenden Einheit und die Leistungsmittel beidseits des oberen Endes angeordnet sind, daß die Erfassungsmittel geeignet sind, durch die Bohrflüssigkeit übertragene Fernbedienungsinformationen der Einrichtung zu erfassen, und die Leistungsmittel sowie die Einrichtung mechanisch verbunden sind, d.h. sich die Übertragung der Bewegung zwischen den Leistungsmitteln und der Einrichtung mechanisch und nicht hydraulisch vollzieht, und daß die Betätigungseinrichtung sowie das Bohrwerkzeug auf einer selben Seite relativ zu dem oberen Ende angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Elemente der Einheit auf einer selben Seite relativ zu dem oberen Ende angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsmittel geeignet sind, die eine wenigstens der folgenden Größen zu detektieren: eine Rotationsgeschwindigkeit, wie die Rotationsgeschwindigkeit des Rotors vom Motor, eine mechanische Belastung, wie eine nach Gewicht bezogene, auf das Bohrwerkzeug ausgeübte Belastung, einen Flüssigkeitsdruck, einen Flüssigkeitsdurchsatz und eine vorbestimmte Folge eines oder mehrerer der oben erwähnten Werte.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsmittel die zu der Bedienung der Betätigungseinrichtung notwendige Energie über eine Flüssigkeitsströmung abgreifen.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsmittel auf einer, der Betätigungseinrichtung gegenüberliegenden Seite relativ zu dem oberen Ende angeordnet sind und daß sie ein Übertragungselement einer mechanischen Betätigungsbewegung der Einrichtung beidseits des oberen Endes umfaßt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungselement gleichermaßen ein Teil des Bohrmotors ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungselement eine Rotationsbewegung übermittelt. 5
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsmittel eine Welle (48) umfassen, die eine Axialbewegung in eine Rotationsbewegung umwandelt. 10
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie Informationssendungsmittel (84) umfaßt, die geeignet sind, ein Signal auszusenden, wenn die Betätigungseinrichtung wirksam geworden ist. 15
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung ein abgewinkeltes Element mit veränderlichem Winkel ist, das zwischen dem Energieumwandlungsbereich und dem Bohrwerkzeug angeordnet ist. 20
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung ein Stabilisator mit einer veränderlichen Geometrie ist, der zwischen dem oberen Ende und dem Bohrwerkzeug angeordnet ist. 25
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung im Motor integriert ist. 30
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung und die Leistungsmittel im Motor integriert sind. 35
- 40
- 45
- 50
- 55



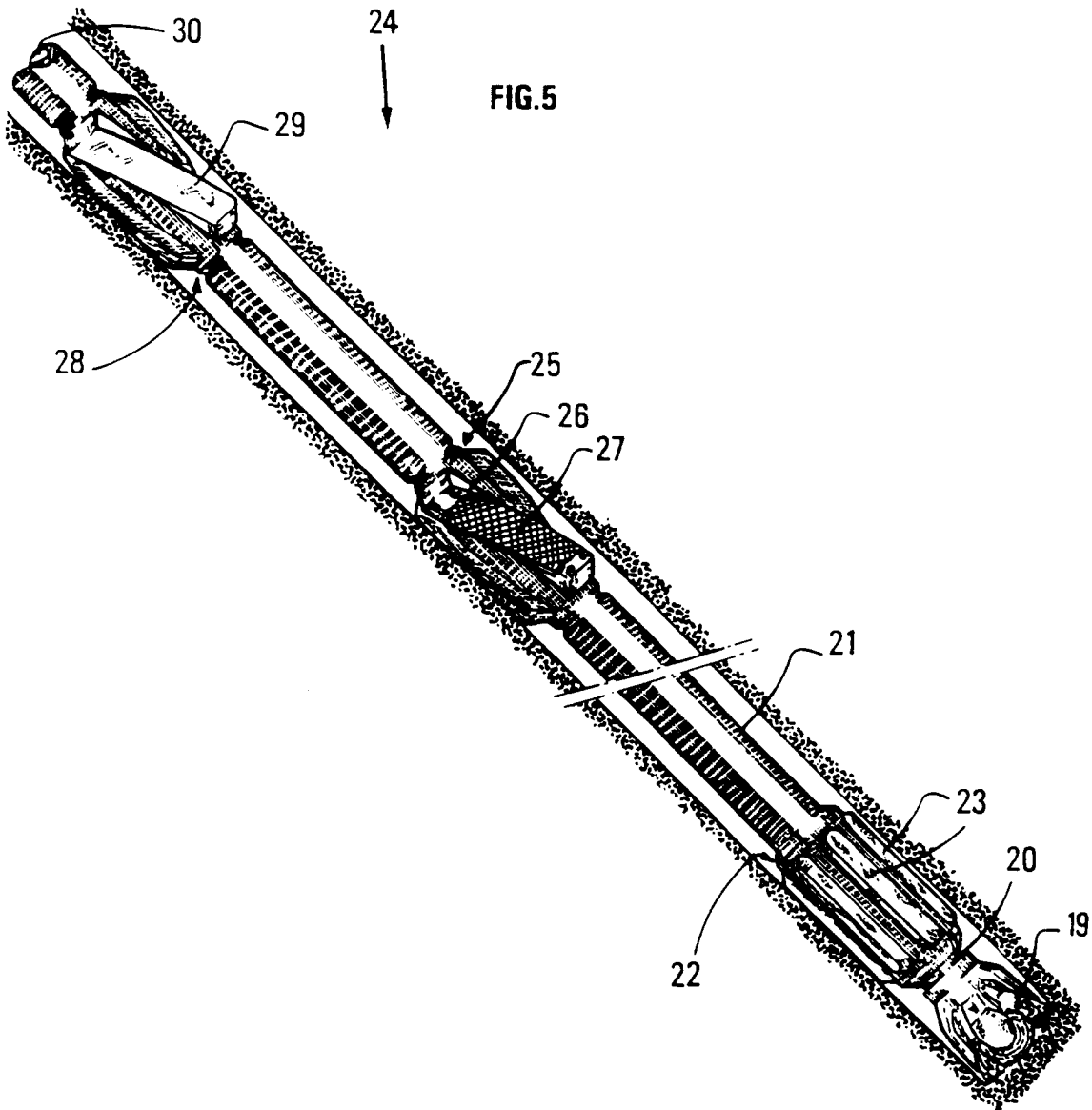


FIG.6

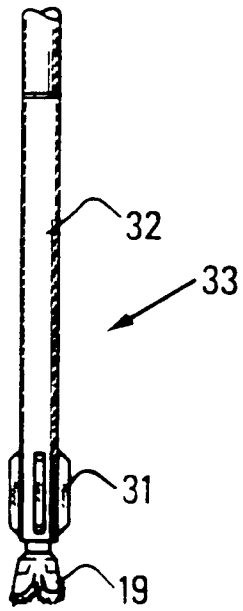


FIG.7

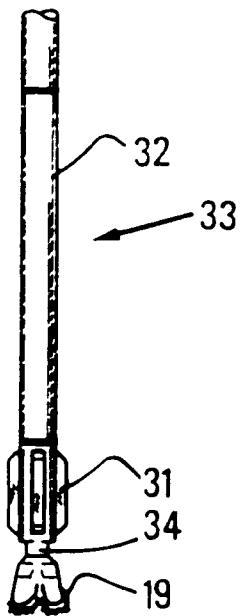
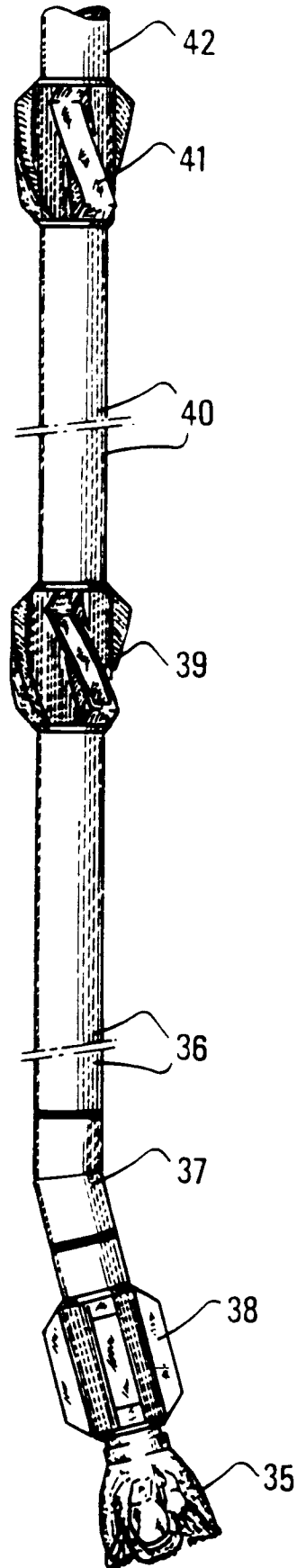


FIG.8



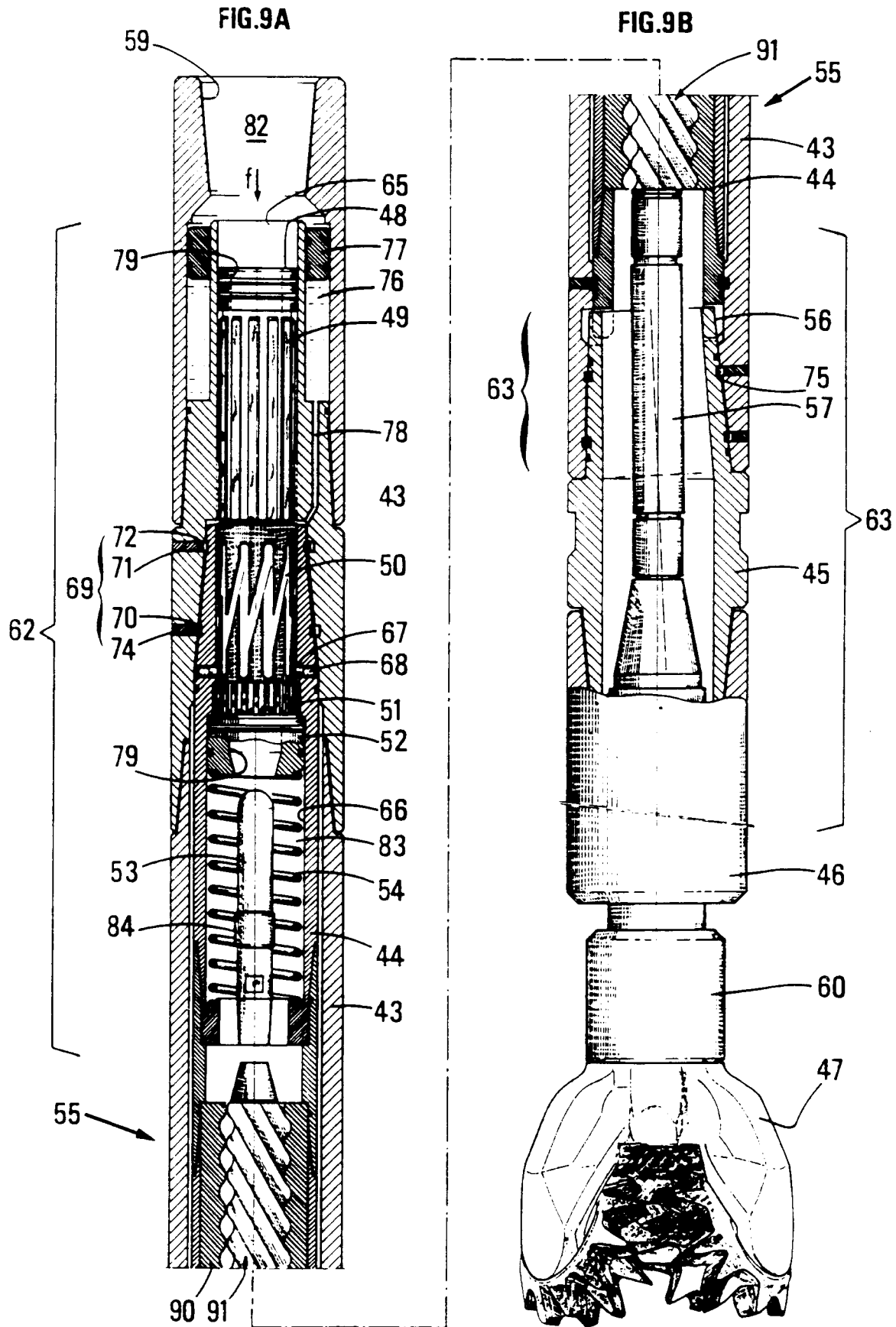


FIG.10

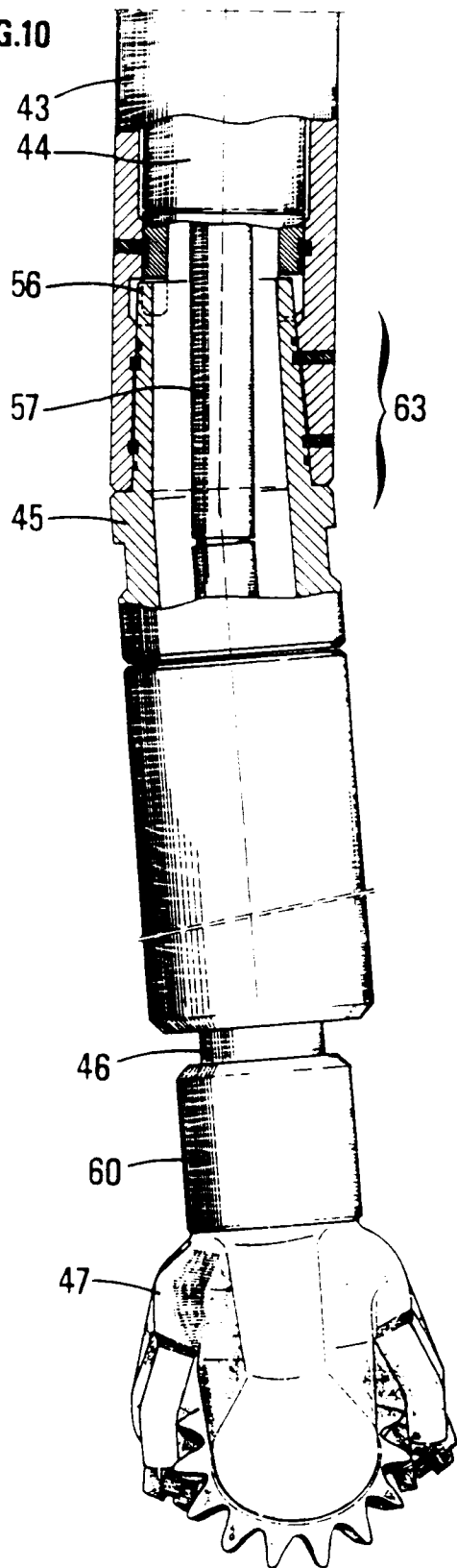


FIG.11

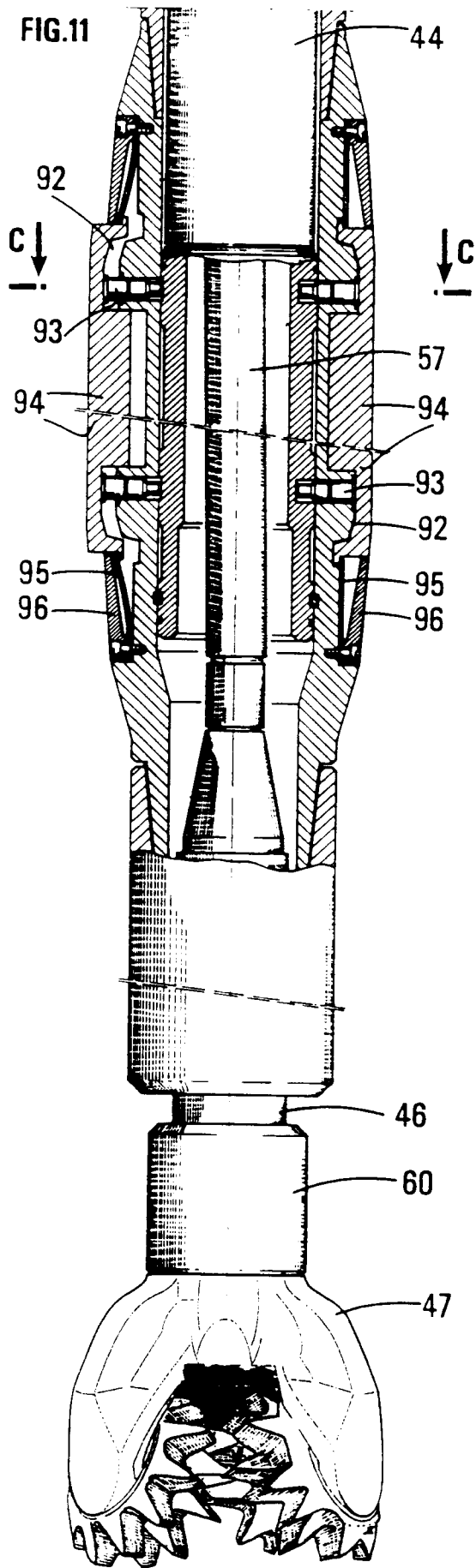


FIG.12

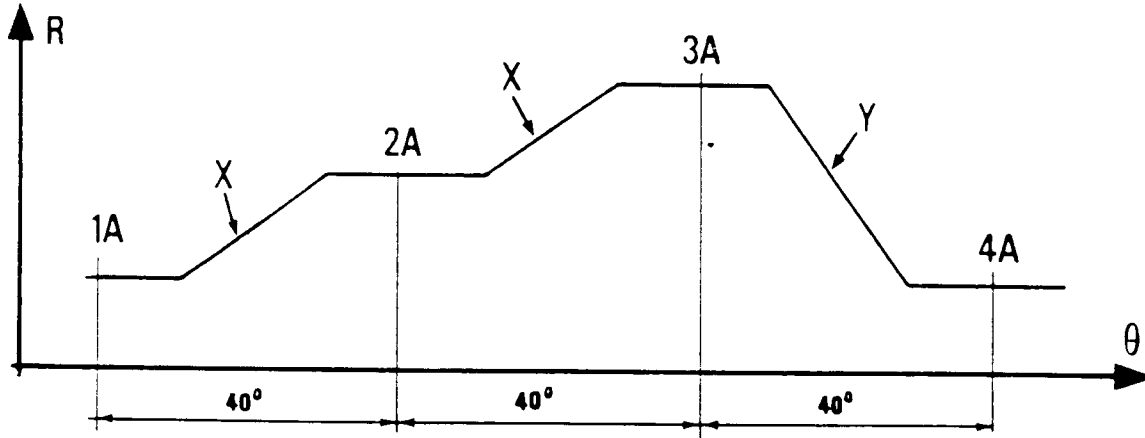


FIG.22

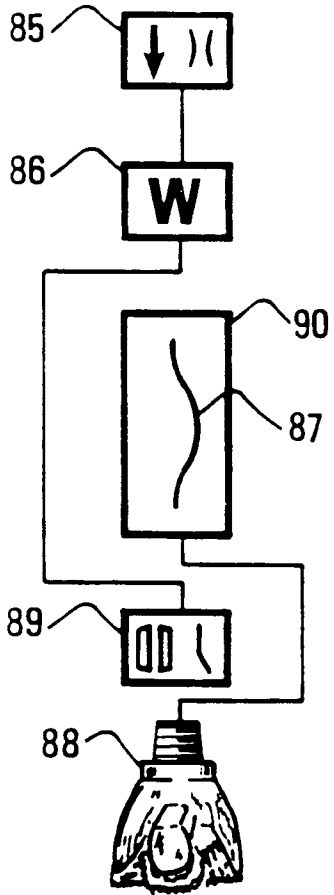


FIG.23

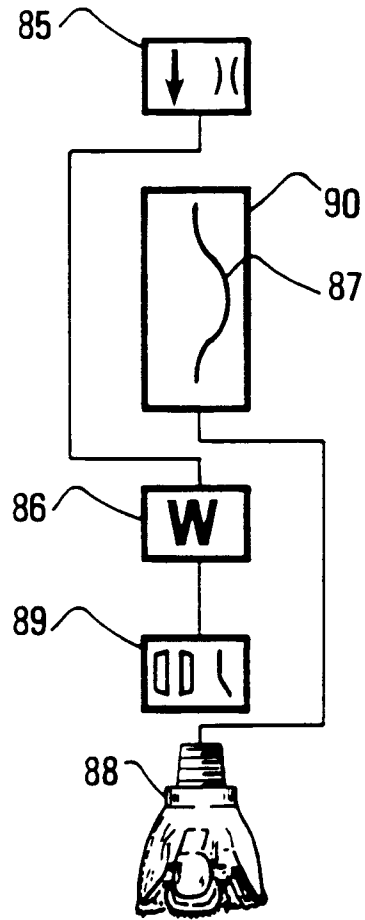


FIG.13

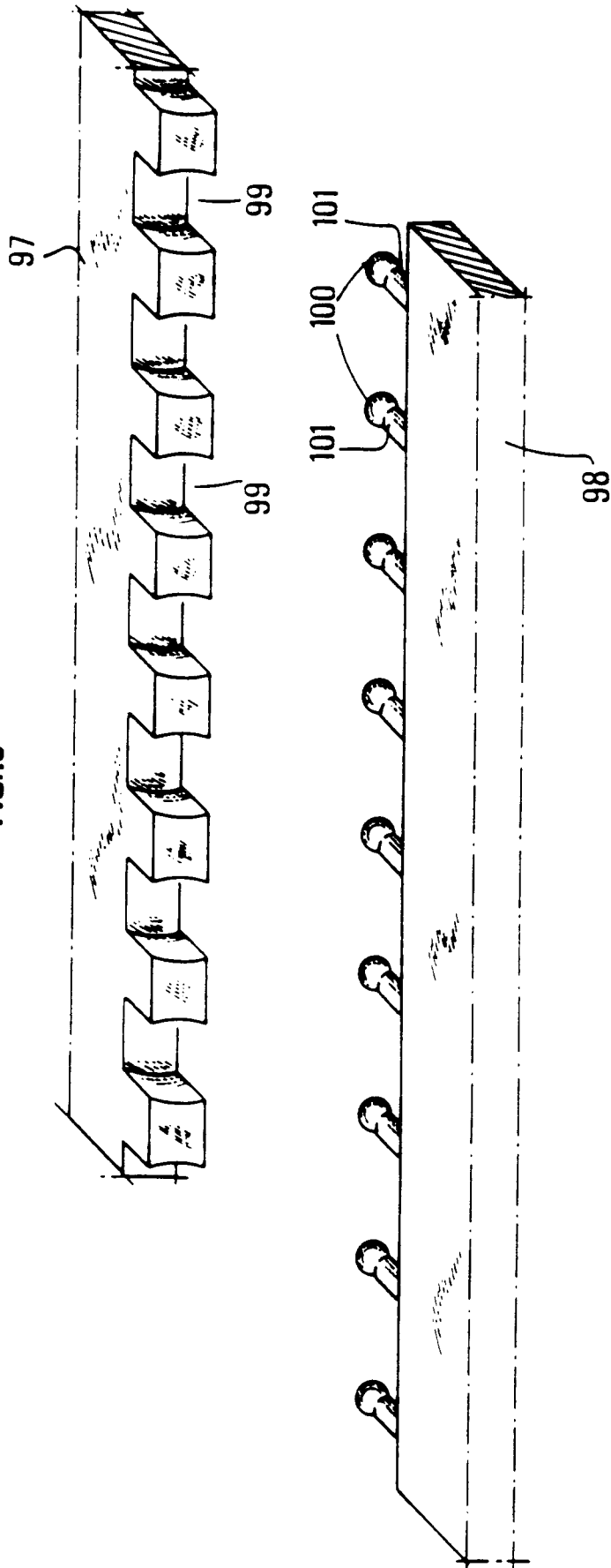


FIG.14

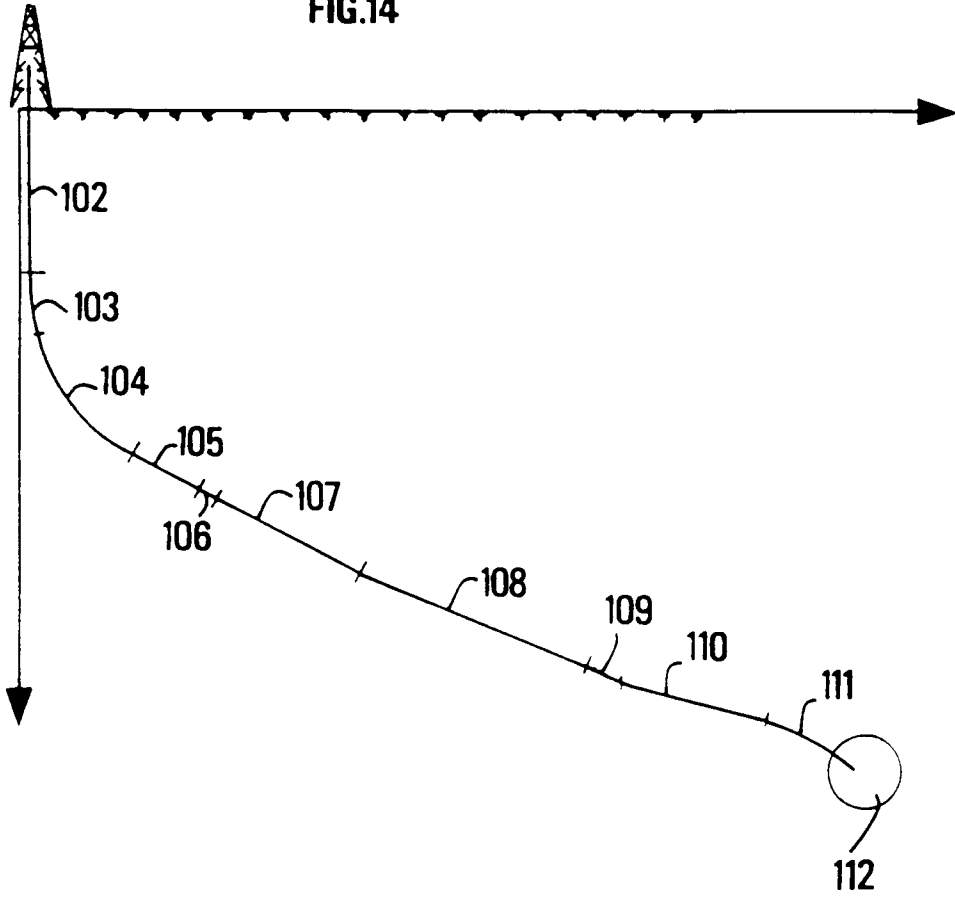


FIG.15

