

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

**2 484 521**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 08050**

(54) Outil déviateur pour forage dirigé.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). **E 21 B 7/08, 7/10.**

(22) Date de dépôt ..... **28 avril 1981.**

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 12 juin 1980, n° 158.948.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... **B.O.P.I. — « Listes » n° 51 du 18-12-1981.**

(71) Déposant : **SHIRLEY Kirk Risinger, résidant aux EUA.**

(72) Invention de : **Kirk Risinger Shirley.**

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : **Cabinet Simonnot,  
19, rue de Provence, 75442 Paris Cedex 09.**

La présente invention concerne un outil déviateur pour forage dirigé.

Lors du forage des puits, par exemple de pétrole ou de gaz, dans une formation terrestre ou à travers celle-ci, à l'aide des procédés habituels de forage rotatif dits "rotary", le réglage ou le changement de la direction de progression du forage est parfois souhaitable ou nécessaire. Ces changements souvent nécessaires portent sur la modification de l'angle avec la verticale, appelée modification azimutale. En conséquence, différents outils et procédés de forage dirigé ont vu le jour.

Il est souvent souhaitable, à une profondeur déterminée dans le sol, que le train de tiges soit "dévié" afin que le puits prenne une direction voulue lors de son forage. Dans d'autres cas, le puits peut progresser en direction indésirable, par exemple inclinée par rapport à la verticale, et dans ce cas on souhaite ramener le forage dans la direction voulue.

Le forage dirigé a impliqué la mise en œuvre de différents outils de changement d'angle ou de déviation destinés à exercer une poussée latérale sur le train de tiges, à proximité de l'outil de forage. Les trains de tiges comportent habituellement un train de masse-tiges placé au-dessus de l'outil de forage et auquel on ajoute les tiges sous forme de tronçons au cours de la progression du forage afin qu'un fluide de forage soit transmis de l'appareil de sondage à l'outil et entraîne les débris de forage du puits vers le haut, dans l'espace annulaire délimité à l'extérieur du train de tiges. Les masse-tiges ont tendance à prendre appui à la face inférieure du trou pendant la rotation et comme elles sont lourdes, elles exercent une force importante appliquée latéralement, cette force étant utile pour l'application d'une force antagoniste pouvant être utilisée pour la modification de la direction de progression du forage. Les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 3 424 256 et N° 3 092 188 décrivent un outil de forage dirigé mettant en œuvre la force latérale des masse-tiges pour la commande du changement de direction.

Un facteur important pour la rentabilité du forage

des puits est la possibilité de mesures correctrices telles que les changements de direction, sans aller et retour, c'est-à-dire sans extraction de la totalité du train de tiges et de masse-tiges du forage, pour la mise en place ou le réglage 5 d'un outil déviateur ou de changement de direction. D'autre part, la récupération du train de tiges rotatif habituel pour l'introduction d'un moteur déviateur à l'intérieur du trou, avec un raccord coudé placé au-dessus de l'outil, est aussi une opération coûteuse mais très utilisée et efficace. 10 De manière analogue, l'introduction d'un outil spécial à éjecteur destiné à éroder une ouverture dans la terre pour le passage de l'outil de forage, est une opération longue et coûteuse.

15 Dans les puits déviés, on peut établir une cible se trouvant à plusieurs milliers de mètres de profondeur, et l'outil doit être maintenu dans la région de la cible qui peut avoir un petit rayon, de l'ordre de 6 à 75 mètres. Cependant, l'outil de forage a tendance à être chassé de la direction ou de l'inclinaison prévue lors des changements de dureté 20 ou d'inclinaison des formations et lorsque la force de forage appliquée est excessive. Ainsi, les changements de direction deviennent en général nécessaires.

25 Les dispositifs connus, cités précédemment, et actuellement utilisés sont tous coûteux puisqu'un aller et retour du train de tiges, nécessaire au changement ou au réglage de l'ouillage, prend un temps considérable et mobilise un appareillage coûteux.

30 L'invention concerne un outil déviateur de forage dirigé, destiné à être monté dans le train de masse-tiges au-dessus d'un outil rotatif, afin qu'il règle la direction d'activité du forage sous l'action de la poussée latérale des masse-tiges à la face inférieure, de manière perfectionnée et peu onéreuse.

35 L'invention concerne ainsi un dispositif de forage dirigé ou déviateur qui est réalisé afin qu'il évite l'écart de l'outil par rapport à un trajet prédéterminé. Le dispositif déviateur peut être utilisé aussi afin que l'outil soit obligé

de suivre un trajet différent de forage, préalablement déterminé. Le dispositif de forage dirigé est utile, lorsqu'il n'est pas utilisé, pour le maintien d'une inclinaison par rapport à la verticale ou pour la prise d'une nouvelle inclinaison, lors d'un forage de tronçons rectilignes afin que les 5 masse-tiges soient stabilisées.

Plus précisément, l'invention concerne un outil déviateur de forage dirigé comprenant des pistons supérieur et inférieur, espacés circonférentiellement dans des anneaux de 10 stabilisation du corps de l'outil. Les pistons supérieurs assurent la mise sous pression hydraulique du piston inférieur d'une façon déterminée par des soupapes de sélection placées dans le circuit interne de fluide. Les soupapes peuvent être ouvertes et fermées sélectivement soit manuellement, lors du 15 montage de l'outil déviateur dans le train de tiges, soit à distance, par un dispositif convenable commandé de la plate-forme de forage, afin que la relation entre les poussées hydrauliques des pistons supérieurs principaux et des pistons inférieurs asservis soit modifiée et permette la variation 20 de la direction de poussée latérale sur l'outil de forage.

Comme indiqué dans la suite du présent mémoire, les soupapes de sélection peuvent être commandées à l'état ouvert ou fermé voulu à l'aide d'un outil manipulateur qui peut être monté sur la plate-forme et abaissé et récupéré à l'aide d'un 25 câble, de manière qu'il coopère avec les soupapes choisies et les mette en position d'ouverture ou de fermeture, en déterminant ainsi différentes directions de poussée des pistons inférieurs asservis, en fonction de la poussée latérale appliquée aux pistons supérieurs principaux, lorsque l'ensemble 30 tourne en coopération avec la face inférieure du trou.

Comme les dispositifs déviateurs peuvent être commandés ou changés à distance, à partir de la plate-forme, les allers et retours des trains de tiges sont rendus minimes lors des opérations de forage dirigé, et, lorsqu'un angle et une direction 35 voulus ont été établis, l'outil de forage dirigé peut être neutralisé à distance afin qu'il poursuive un forage rectiligne, sans qu'il ait à être retiré du forage.

Dans un mode de réalisation avantageux, plusieurs pistons directeurs qui peuvent se déplacer radialement sont placés dans un anneau stabilisateur coopérant avec le trou du forage, les pistons étant distants circonférentiellement.

- 5 Dans le mode de réalisation représenté, quatre pistons sont placés à 90° les uns par rapport aux autres et, sous la commande d'un certain nombre de pistons de mise sous pression adjacents à la partie supérieure de l'outil, les pistons de direction sont repoussés sélectivement vers l'extérieur, 10 afin qu'ils exercent une force de déviation contre l'anneau de stabilisation et la paroi du trou, si bien qu'une force de réaction repousse l'outil de l'autre côté du trou. Le système à soupapes de sélection qui détermine celui ou ceux des pistons qui fonctionnent permet un pré-réglage de l'outil 15 à la surface, ou son changement dans le trou, suivant neuf attitudes de forage.

Une condition neutre dans laquelle tous les pistons sont libres correspond à un forage rectiligne, l'outil étant stabilisé par le stabilisateur inférieur et l'extrémité supérieure de l'outil étant stabilisée par le stabilisateur supérieur, lorsque le forage progresse. Lors de l'utilisation de quatre pistons, huit directions différentes peuvent être établies par commande de l'avance sélective d'un piston choisi ou d'une paire de pistons choisis, en fonction des soupapes 25 de sélection. La référence est constituée par la face inférieure du trou, si bien que l'outil ne nécessite pas des instruments de relevé de direction ou des raccords coudés au début des opérations de forage.

Selon l'invention, l'outil peut être réglé sélectivement 30 afin qu'il assure un forage rectiligne ou un forage suivant de multiples modes de fonctionnement permettant la détermination de l'inclinaison par rapport à la verticale et de la direction par rapport à la face inférieure du trou foré.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention 35 ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une élévation d'un outil déviateur

selon l'invention, représenté sous forme inclinée lors du forage d'un puits ;

la figure 2 est une coupe transversale suivant la ligne 2-2 de la figure 1, dans le stabilisateur supérieur ;

5 la figure 3 est une coupe transversale suivant la ligne 3-3 de la figure 1, dans le stabilisateur inférieur ;

les figures 4a à 4f constituent ensemble une coupe longitudinale, dans laquelle certaines parties sont représentées en élévation et d'autres en coupe, de l'outil déviateur, 10 à plus grande échelle, avec un outil manipulateur logé dans l'outil déviateur ;

la figure 5 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 5-5 de la figure 4a ;

15 la figure 6 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 6-6 de la figure 4b ;

la figure 7 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 7-7 de la figure 4c ;

la figure 8 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 8-8 de la figure 4c ;

20 la figure 9 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 9-9 de la figure 4c ;

la figure 10 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 10-10 de la figure 4d ;

25 la figure 11 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 11-11 de la figure 4d ;

la figure 12 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 12-12 de la figure 4e ;

la figure 13 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 13-13 de la figure 4e ;

30 la figure 14 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 14-14 de la figure 4f ;

la figure 15 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 15-15 de la figure 4 f ;

la figure 16 est une coupe longitudinale représentation 35 ve d'une soupape, suivant la ligne 16-16 de la figure 8 ;

la figure 17 est une coupe longitudinale d'une soupape et de son dispositif de déplacement, suivant la ligne 17-17 de

la figure 9 ;

les figures 18a à 18d forment ensemble une coupe longitudinale dans laquelle certaines parties sont représentées en élévation et d'autres sous forme arrachée, suivant la ligne 5 18-18 de la figure 9, ces figures représentant des détails de l'outil de manipulation ;

la figure 19 est une coupe transversale d'un exemple de dispositif de commande de soupapes, suivant la ligne 19-19 de la figure 18a ;

10 la figure 20 est une coupe transversale agrandie suivant la ligne 20-20 de la figure 4e ; et

la figure 21 est un schéma illustrant la mise en oeuvre des différents modes de fonctionnement de l'outil déviateur.

Un outil déviateur T, représenté sur les dessins, est 15 installé dans un train de tiges rotatif P utilisé pour le forage d'un puits. Un outil rotatif B a des molettes 10 de coupe qui percent un trou H lors de la rotation du train de tiges alors qu'un fluide de forage descend dans le train de tiges et dans l'outil déviateur, sort de l'outil et revient vers 20 le haut du forage par l'espace annulaire compris entre la paroi du trou et le train de tiges.

De manière connue, les trous de forage peuvent être déviés par rapport à la verticale par application d'une force latérale à l'outil au cours du forage. De manière analogue, 25 un trou dévié ou présentant un écart peut être redressé par l'application d'une force latérale à l'outil lors de la progression du forage. En outre, un trou peut être foré directement en direction rectiligne lorsque le train de tiges ou les masse-tiges sont stabilisées, près de l'outil afin que 30 le poids appliqué à l'outil ne provoque pas un fléchissement des masse-tiges ou du train de tiges à proximité de l'outil. On peut utiliser en pratique un certain nombre de stabilisateurs montés sur le train de tiges pour stabiliser celui-ci et les masse-tiges dans le trou, un stabilisateur étant proche 35 de l'outil et un ou plusieurs autres étant disposés au-dessus, à des intervalles calculés afin qu'ils empêchent une inclinaison indésirable lorsque le forage progresse.

Selon l'invention, deux stabilisateurs S1 et S2 sont montés sur le train de tiges, à distance en direction longitudinale sur le corps de l'outil déviateur T, à un emplacement qui se trouve à une certaine distance au-dessus de l'outil 5 et à un emplacement proche de l'outil. Ces stabilisateurs sont incorporés à l'outil T et sont destinés soit à stabiliser le train de tiges dans le cas d'un forage rectiligne, soit à provoquer l'application d'une force latérale à l'outil, par application d'une poussée latérale contre la paroi du trou, 10 dans une direction choisie. Comme décrit dans la suite, la direction de la poussée latérale peut non seulement être choisie mais aussi modifiée sans que l'outil doive être retiré du trou. La direction de la poussée latérale appliquée à l'outil est référencée par rapport à la face inférieure du trou puis- 15 que le train de tiges et l'outil T reposent sur la face inférieure du trou pendant les opérations de forage.

Comme l'indique la description qui suit, l'outil ne nécessite pas l'utilisation d'un équipement d'orientation au début, par exemple l'utilisation d'instruments de relevé de 20 direction, de raccords coudés ou de sabots de calage, qui sont coûteux et prennent beaucoup de temps. Lorsque le dispositif déviateur selon l'invention est placé au fond du trou, il est orienté automatiquement par rapport à la face inférieure du trou. La direction de la force latérale appliquée à l'outil 25 peut être prédéterminée par réglage de l'outil à la surface dans l'une de plusieurs attitudes de forage. L'outil, comme indiqué dans la suite, peut être préparé afin qu'il prenne neuf attitudes différentes. La position neutre de l'outil permet aux stabilisateurs S1 et S2 de préserver une attitude de 30 forage rectiligne, car ils ont tendance à stabiliser le train de tiges au centre dans le trou, si bien que l'outil peut suivre un trajet rectiligne. Les huit attitudes inclinées qui peuvent être prises par l'outil peuvent provoquer une déviation de l'outil par rapport à un trajet rectiligne, si bien que 35 l'outil prend une direction faisant un angle plus grand ou plus petit avec la verticale, tourne à gauche ou à droite ou combine les différents effets en s'écartant dans des secteurs de 45°.

Non seulement l'outil peut être réglé ou préparé initialement à la partie supérieure du puits avant l'introduction dans le trou, mais encore, les attitudes choisies de forage peuvent être modifiées alors que l'outil se trouve au fond du trou,

5 par mise en oeuvre d'un manipulateur monté au bout d'un câble. L'utilisation d'un outil manipulateur pour le réglage ou le redressement de l'outil alors que celui-ci reste dans le trou, permet des économies importantes puisque le nombre d'aller et retours du train de tiges est nettement réduit, et l'outil

10 déviateur peut être réglé afin qu'il permette un forage rectiligne ou un forage dirigé, ou vice versa le cas échéant.

En résumé, l'outil déviateur peut être utilisé pour le forage rectiligne normal ou pour des opérations de forage dirigé sans que les outils de forage rectiligne doivent être retirés du trou et sans que des outils directionnels doivent être montés sur le train de tiges.

L'outil déviateur T comporte un corps allongé 11 ayant pratiquement le même diamètre que le train de tiges ou de masse-tiges P. A l'extrémité supérieure, le corps 11 représenté sur la figure 4f a une extrémité filetée 12 destinée à coopérer avec le taraudage 13 de la tige ou de la masse-tige P de forage qui remonte au-dessus. A l'extrémité inférieure, comme indiqué sur la figure 4f, le corps 11 a un taraudage 13 coopérant avec un filetage 14 de l'outil B de forage. Les stabilisateurs 25 S1 et S2 peuvent tourner sur le corps entre deux colliers 17 et 18 de butée distants axialement et fixés au corps de l'outil, comme décrit dans la suite, chaque stabilisateur comprenant un corps tubulaire 19 ayant un nombre convenable de nervures 20 placées longitudinalement, dépassant latéralement et distantes circonférentiellement. Le stabilisateur supérieur S1 représenté de façon générale sur la figure 2 peut tourner sur un dispositif MP à pistons principaux alors que le stabilisateur inférieur S2 peut tourner sur un dispositif SP à pistons asservis.

35 Les dispositifs à pistons principaux et asservis ont des structures analogues, le dispositif à pistons principaux étant commandé par le poids du train de tiges dans la région

du stabilisateur supérieur S1 afin qu'il transmette une pression au dispositif SP à pistons asservis en créant une force latérale appliquée à l'outil dans une direction qui peut être déterminée lorsque l'outil est préparé à la partie supérieure 5 du puits ou qui peut être modifiée lorsque l'outil est en position de forage dans le trou.

Comme indiqué sur la figure 2, le dispositif MP comprend un certain nombre de chambres radiales distantes circonférentiellement 1 et 2 contenant des pistons P1 et P2. Les 10 chambres 1 et 2 sont disposées radialement et sont diamétralement opposées dans le corps 11 de l'outil déviateur. Des passages 21 décrits plus en détail dans la suite sont disposés longitudinalement dans le corps et communiquent sélectivement avec le dispositif SP dans le stabilisateur S2. Comme 15 indiqué sur la figure 13, le dispositif SP, dans le mode de réalisation représenté, de même que le dispositif MP, comportent plusieurs chambres distantes circonférentiellement 5, 6, 7 et 8 contenant des pistons asservis alternatifs P5, P6, P7 et P8, et on note que les passages 21 de fluide indiqués précédemment 20 débouchent dans les chambres 5 à 8. Les extrémités externes des chambres 1, 2 et 5 à 8 des pistons principaux et asservis coopèrent avec des surfaces planes parallèles à des cordes formées dans un anneau ou corps interne 23 du dispositif correspondant, monté afin qu'il puisse tourner dans les corps respectifs 19, si bien que l'outil 11, dans la région des dispositifs à pistons principaux et asservis, et le manchon ou corps 25 23 peuvent se déplacer mutuellement en direction latérale comme indiqué sur les figures 2 et 3. D'autre part, la partie de corps 11 peut être centrée dans les stabilisateurs S1 et S2, 30 comme décrit dans la suite.

Comme l'indique la figure 1, lorsque le stabilisateur S1 se trouve au-dessus du stabilisateur inférieur S2 et lorsque le trou H est incliné, le poids du train de tiges P repose à la face inférieure du trou (dans la direction W indiquée 35 sur la figure 2) et un système à soupapes de sélection et de transmission de fluide, décrit plus en détail dans la suite du présent mémoire, crée une force de réaction (repérée par

la flèche F de la figure 3) repoussant l'outil B latéralement contre la paroi du trou.

On se réfère maintenant aux figures 4a, 4f, 14 et 15 ainsi qu'à la coupe de la figure 5 qui représentent plus en 5 détail la structure des stabilisateurs S1 et S2. Les corps 19 de stabilisateurs et le manchon interne 23 des dispositifs à pistons ne peuvent pas se déplacer axialement entre les colliers supérieurs et inférieurs 17 et 18 indiqués précédemment qui sont retenus en place comme représenté sur la figure 14, 10 sur le corps 11, par un dispositif convenable tel que deux axes roulés ou autres dispositifs 25 de clavetage, distants diamétralement, passant dans des trous percés radialement 26 dans les colliers d'arrêt et placés dans des cavités 27 du corps 11. Les axes 25 sont retenus en place par des goupilles 15 28 placées suivant des cordes et passant dans un trou 29 percé dans le collier de butée et dans l'axe roulé, de chaque côté de l'ensemble. Un joint annulaire latéral convenable 30 est placé entre chaque collier 17, 18 et la périphérie externe du corps 11, et des seconds joints 31 sont placés entre les 20 extrémités du corps de stabilisateur et les faces en regard des colliers de butée et empêchent l'entrée du fluide érosif de forage dans les ensembles à pistons principaux et asservis.

Comme indiqué sur les figures 4a et 5, le dispositif à pistons principaux comprend deux blocs-cylindres allongés 33 25 logés dans des gorges allongées 34 formées en position diamétrale opposée dans le corps 11. Ces blocs 33 sont retenus en place par des axes roulés 35 ou d'autres dispositifs de fixation qui sont disposés suivant des cordes dans le corps et dans les parties médianes des blocs 33. Chaque bloc 33 a 30 deux chambres 36 de logement de pistons, débouchant latéralement et distantes longitudinalement, permettant le logement de deux pistons principaux alternatifs coopérants P1 et P2. Chacun de ces pistons a un segment 37 assurant l'étanchéité au niveau de la paroi cylindrique de la chambre 36 et chaque piston est 35 repoussé vers l'extérieur de la chambre par un ressort hélicoïdal 38 prenant appui contre le fond de la chambre. La face externe 38' de chaque piston est plate et prend appui contre

une surface plate d'appui 39 formée suivant une corde dans le manchon 23. L'extrémité externe de chaque piston a aussi une goupille 40 qui dépasse à l'extérieur dans une fente ou encoche circonférentielle 41 du manchon 23. Chaque bloc 33 5 est percé ou muni d'un passage allongé 42a ou 42b de fluide disposé entre les chambres supérieure et inférieure 36 et à partir de l'extrémité inférieure du bloc afin qu'il communique avec des passages allongés 43a et 43b qui redescendent dans le corps 11, comme décrit plus en détail dans la suite 10 du présent mémoire.

Bien que plusieurs paires de pistons principaux diamétralement opposés puissent être utilisées, le mode de réalisation représenté ne met en oeuvre que des paires de pistons principaux diamétralement opposés et, pour des raisons de 15 stabilité, le corps 11 de l'outil a aussi ce qu'on peut considérer comme des pistons factices 44 disposés dans des sièges 45 formés dans le corps en positions diamétralement opposées et perpendiculairement aux pistons P1 et P2. Chaque piston factice a une face externe plate 46 qui coopère avec une face plate 20 47 formée dans le manchon 23 et correspondant à la face 39 qui coopère avec les pistons actifs. De manière analogue, le piston factice 44 a une goupille 46' qui dépasse vers l'extérieur et passe dans une fente ou encoche radiale 48 correspondant à la fente ou encoche 41 à l'emplacement des pistons 25 actifs. Ainsi, lorsque les pressions dans les chambres 36 sont égales, le corps de l'outil est maintenu au centre dans le stabilisateur S1 mais ce corps peut être déplacé latéralement dans le manchon 23 et peut tourner dans celui-ci, en provoquant un déplacement alterné vers l'intérieur des pistons principaux P1 et P2, lorsque l'outil tourne dans le stabilisateur alors que celui-ci est en coopération avec la face 30 inférieure du trou foré. Le déplacement vers l'intérieur des pistons provoque l'augmentation de la pression du fluide dans les chambres correspondantes.

35 Comme indiqué sur les figures 4f et 15, le dispositif SP à pistons asservis, pouvant tourner dans le stabilisateur inférieur S2, a une construction analogue à celle du dispositif

tif MP à pistons principaux décrit précédemment. Cependant, dans le cas du dispositif à pistons asservis, quatre pistons P5 et P8 sont espacés circonférentiellement. Le corps 11 de l'outil a encore quatre fentes longitudinales et radiales 5 50, placées à angle droit, et logeant chacune un bloc-cylindre 51 ayant des chambres cylindriques 52 distantes longitudinalement dans chacune desquelles un piston 53 peut se déplacer alternativement en direction radiale. Les blocs 51 sont maintenus en place dans les chambres 50 par des axes rou- 10 lés ou d'autres dispositifs de fixation 54 qui sont placés suivant une corde dans le corps et le bloc, entre les chambres distantes longitudinalement 52. Chaque piston a un joint ou segment 55 qui peut coulisser dans la chambre 52 en assurant l'étanchéité, et un ressort hélicoïdal 56 de compression re- 15 pousse normalement les pistons 53 correspondants vers l'extérieur afin que les faces externes plates 56' des pistons as- servis coopèrent avec les faces plates disposées suivant une corde, formées dans le manchon 23. En outre, chaque piston 53 a une goupille 58 qui dépasse vers l'extérieur et passe dans 20 une fente ou encoche 59 placée circonférentiellement dans le manchon 23. La structure permet manifestement un déplacement latéral relatif du corps 11 de l'outil par rapport au stabilisateur et au manchon 23, suivant la force appliquée aux pis- 25 tons P5 à P8 en direction radiale. Cette force, comme indiqué précédemment, agit sur la paroi du trou du puits et provoque l'application d'une force de réaction qui tend à repousser l'outil en direction choisie, lors de la rotation du train de tiges.

Comme indiqué sur la figure 4f, chaque bloc 51 a avanta- 30 geusement un passage 60 de fluide qui permet la communication par l'intermédiaire de passages tels que le passage 43b, sous la commande de soupapes décrites dans la suite, à partir du dispositif MP à pistons principaux. Le passage 60 est disposé dans la chambre supérieure 52, dans le bloc 51 et dans la 35 chambre inférieure 52 afin que les pistons 53 agissent en coo- pération.

On considère maintenant plus en détail, en référence

aux figures 4a, 4b, 4c et 6 à 9, le circuit de fluide sous pression formé entre les dispositifs comprenant les pistons principaux et asservis. Comme indiqué précédemment, les passages 43a et 43b descendent dans le corps 11 à partir des chambres 5 des pistons principaux. Comme indiqué sur les figures 4b et 6, ces passages 43a et 43b sont formés par des tubes ou conduits 62 passant dans un alésage d'un corps 63 de support de forme allongée placé dans une fente allongée 64 formée dans le corps 11, le corps 63 étant retenu en place par une bande 10 65 de retenue convenablement fixée dans la gorge 64.

La figure 4c indique que le passage 43a débouche à son extrémité inférieure dans une chambre supérieure, constituant une chambre de soupape VC1 formée entre un tronçon 70 de dimension réduite de l'outil 11 et un manchon cylindrique 15 externe 71 qui est convenablement monté sur le tronçon 72 de plus grand diamètre du corps et qui est disposé vers le bas au-delà d'un flasque 73 formé sur le corps afin qu'il forme une chambre inférieure appelée chambre de soupape VC2, avec le corps. Une bague supérieure d'étanchéité 74 forme un joint 20 entre le manchon 71 et le tronçon supérieur 72 de plus grand diamètre du corps, et une bague inférieure d'étanchéité 75 forme un joint entre le manchon 71 et le tronçon inférieur de plus grand diamètre du corps. Le flasque 73 porte aussi une bague d'étanchéité 76 assurant la formation d'un joint avec 25 le manchon 71, si bien que les chambres VC1 et VC2 sont séparées de façon étanche l'une de l'autre. Ainsi, la communication est interdite entre le passage 43a et la chambre VC2. En outre, comme indiqué sur les figures 4c et 6, le tube 62 formant le passage 43b descend dans la chambre supérieure VC1 de soupape, 30 dans le flasque 73 et communique avec la chambre VC2.

Il apparaît ainsi que, lorsque le stabilisateur supérieur S1 repose sur la face inférieure du trou et lorsque le train de tiges P tourne, en provoquant la rotation du corps 11, chaque tour du corps de l'outil provoque le déplacement vers 35 l'intérieur de l'un des pistons principaux P1 et P2, avec transmission du fluide sous pression par les passages 43a, 42b vers la chambre supérieure ou inférieure VC1 ou VC2.

Des soupapes V dont un exemple est représenté sur la figure 16 et qui sont aussi représentées sur la figure 8, et destinées à assurer la communication entre les chambres de soupape VC1 et VC2 et un ou deux pistons asservis choisis 5 P5 à P8. Comme l'indique la figure 8, les soupapes portent les références V5, V6, V7 et V8 et correspondent aux pistons P5 à P8 respectivement.

Comme décrit dans la suite, les soupapes sont réalisées et commandées d'une manière qui permet ou empêche la communication du fluide provenant des chambres VC1 et VC2, par l'intermédiaire de prolongements des passages 43a et 43b vers le bas, avec des passages choisis 60 des blocs 51 du dispositif 10 SP à pistons asservis. On note aussi sur les figures 9, 10 et 11 que des passages supplémentaires 43c et 43d descendant dans 15 la structure sous forme de tubes jusqu'au dispositif à pistons asservis. Comme décrit précédemment, les passages descendants 43a à 43d sont incorporés à une structure dans laquelle les tubes 62 sont prolongés dans les corps 63 de support placés dans des gorges allongées 64 formées dans le corps 11 et maintenus 20 en place par des bandes 65 de retenue.

Les soupapes V5 à V8 sont représentées par la soupape V7 sur la figure 16 à titre illustratif. Un manchon externe allongé 80 est placé longitudinalement dans le flasque 73 entre les chambres VC1 et VC2. Ce manchon 80 a un jeu supérieur 25 d'orifices radiaux 81 débouchant dans la chambre VC1 et un jeu inférieur d'orifices radiaux 82 débouchant dans la chambre VC2. Un manchon interne 83 peut se déplacer alternativement dans le manchon externe fixe 80 et a un jeu supérieur 84 et un jeu inférieur 85 d'orifices radiaux. Une bague convenable d'étanchéité 30 86 est placée au-dessus et au-dessous de chaque jeu d'orifices 84 et 85 et coopère par glissement avec le manchon fixe 80, dans celui-ci. Les orifices 84 et 85 sont relativement proches mais, lorsque le manchon 83 est dans sa position centrale comme indiqué sur la figure 16, la soupape est totalement 35 fermée. Comme l'indique la flèche de la figure 16, le manchon 83 est destiné à se déplacer alternativement, si bien que, lorsqu'il remonte, les orifices 81 et 84 peuvent venir en face

les uns des autres alors que, lorsqu'il descend, les orifices 85 et 82 peuvent venir en face. Lorsque les orifices supérieurs 84 et 81 sont en face, le fluide sous pression peut passer de la chambre supérieure VC1 au manchon 83 dont le trou central 5 représente l'un des passages de fluide 43a, 43b, 43c ou 43d rejoignant les pistons asservis correspondants. D'autre part, lorsque le manchon 83 descend, les orifices 85 et 82 viennent en regard si bien que le fluide sous pression de la chambre VC2 peut entrer dans l'un des passages 43a, 43b, 43c ou 43d 10 rejoignant les pistons asservis.

Des dispositifs, espacés le long de l'ensemble, sont destinés à commander les manchons internes correspondants 83 entre la position intermédiaire ou fermée et la position supérieure ou inférieure ouverte afin qu'une communication soit 15 établie sélectivement entre l'une des chambres VC1 et VC2 et les chambres correspondantes des pistons asservis P5 à P8.

Les dispositifs de mise en action sont représentés sur les figures 9 à 12 par les références AA, AB, AC et AD. Un dispositif représentatif tel que le dispositif AA est aussi représenté 20 sur la figure 17 sur laquelle on note que le tube 62 qui forme le passage 43a a une construction télescopique. Le tube 62 a un tronçon supérieur 62a coopérant à demeure avec un corps allongé 90a de crémaillère ayant un trou 91 et un tronçon inférieur 62b de tube ayant son extrémité supérieure qui peut se 25 déplacer alternativement dans l'alésage 91 et qui coulisse dans une bague d'étanchéité 92. Ainsi, le corps 90a de crémaillère peut être déplacé vers le haut ou vers le bas par rapport au tronçon 62b alors que la communication est maintenue par l'alésage 91 entre le manchon 83 de la figure 16 et le 30 tube 62 de la figure 17, si bien que la remontée ou la descente de la crémaillère 90a peut provoquer le déplacement longitudinal du manchon interne qui ferme la soupape ou l'ouvre sélectivement et établit la communication entre l'une des chambres VC1 ou VC2 et l'une des chambres de pistons asservis communiquant avec le passage 43a. Comme le dispositif de mise en action 35 représenté sur la figure 17 est destiné à régler le courant transmis au piston asservi P5, la crémaillère 90a est dé-

placée vers le haut lorsqu'elle doit établir la communication entre les orifices 81 et 84, du fluide sous pression provenant du piston principal P1 étant transmis par la chambre VC1 vers le piston P5 et inversement, lorsque la crémaillère 90a 5 est commandée afin qu'elle déplace le manchon interne vers une position qui fait communiquer les orifices 82 et 85, le fluide sous pression est transmis du piston principal P2 au piston asservi P5 par l'intermédiaire de la chambre inférieure VC2.

10 Comme indiqué précédemment, plusieurs crémaillères analogues à la crémaillère 90a sont espacées longitudinalement et sont destinées à la mise en action de plusieurs soupapes V. Comme indiqué sur les figures 9 à 12, les crémaillères 90a, 90b, 90c et 90d respectivement sont représentées sous forme 15 incorporée aux dispositifs de mise en action AA, AB, AC et AD qui sont distants longitudinalement et décalés angulairement. Chaque crémaillère (comme indiqué à titre illustratif sur les figures 4d et 6) peut se déplacer alternativement dans un canal longitudinal 96 formé sur le côté du corps et formé 20 par une plaque allongée 97 convenablement fixée dans la gorge par des dispositifs 98 de retenue. Chaque pignon 95a à 95d a un corps cylindrique ou un arbre 99 qui peut tourner dans un alésage 100 disposé radialement dans le corps à partir de la gorge 96. Une bague d'étanchéité 100 a est montée sur chaque 25 pignon et empêche l'entrée du fluide de forage dans le mécanisme de mise en action. Des cliquets à billes 101, repoussés par un ressort, sont associés à chaque crémaillère et sont destinés à coopérer avec des évidements distants longitudinalement formés dans la paroi latérale interne de la crémaillère 30 correspondante, si bien que, lors du déplacement de la crémaillère afin que le manchon interne soit mis en position choisie d'ouverture ou de fermeture, la crémaillère soit maintenue dans la position choisie.

Il apparaît clairement que, lorsque l'outil est placé à la partie supérieure du trou, les plaques 97 de fermeture 35 peuvent être retirées et un outil convenable peut être introduit dans une douille non circulaire 102 formée à l'extrémité de chaque pignon 95a à 95d afin que les soupapes soient réglées

dans la position choisie voulue ouverte ou fermée ; ainsi, comme décrit dans la suite du présent mémoire, le fluide sous pression est transmis par les pistons principaux et l'une ou l'autre des chambres V1 et V2 suivant le positionnement des 5 quatre soupapes, vers les pistons asservis choisis et, lorsque l'outil est introduit dans le trou foré et est entraîné en rotation pendant le forage, le poids du train de tiges, à la face inférieure du trou, agissant sur les pistons principaux, provoque l'application d'une force latérale à l'outil 10 de forage, dans la direction voulue. D'autre part, l'outil peut être préparé ou réglé à la partie supérieure du trou afin que toutes les soupapes soient fermées et dans ce cas, l'outil déviateur est destiné simplement à stabiliser le train de tiges dans le trou afin de réduire au minimum la déviation 15 du trou puisqu'il n'y a pas de transmission de fluide sous pression des pistons principaux aux pistons asservis.

Comme indiqué précédemment, l'outil déviateur est destiné à être manipulé afin qu'il puisse ouvrir ou fermer les soupapes choisies B alors que l'outil déviateur se trouve 20 dans le trou, à l'aide d'un dispositif qui peut être déplacé à distance. On peut utiliser divers dispositifs pour le coulis- sement des manchons 62, mais dans un mode de réalisation avan- geux, un outil manipulateur M est destiné à pénétrer dans le train de tiges, à l'aide de l'appareillage bien connu à câble 25 de descente (non représenté), et il pénètre dans le trou cen- tral 150 de l'outil déviateur dans lequel le fluide de forage circule normalement. Comme indiqué sur les figures 4e et 13, l'outil manipulateur a, près de l'extrémité inférieure un boî- tier allongé 151, une fente 152 d'orientation qui, de manière 30 bien connue dans le cas des outils de forage à câble, peut avoir une came coopérant avec un axe 153 qui dépasse radiale- ment vers l'intérieur du corps 11 de l'outil afin qu'elle coo- père avec la fente 152 et détermine une relation angulaire 35 pré-déterminée entre le boîtier 151 du manipulateur et l'outil déviateur, comme indiqué sur la figure 3. Dans le cas considéré, l'orientation voulue de l'outil manipulateur par rapport à l'outil déviateur est telle que quatre pignons distants longitu-

dinalement PA, PB, PC et PD de mise en action, comme représenté sur les figures 9 à 12, sont alignés radialement sur les quatre pignons des dispositifs de mise en action de soupapes AA, AB, AC et AD.

5 Les figures 18a, 18b, 18c et 18d représentent les pignons de manipulateurs PA, PB et PC montés dans le boîtier 151 et ayant une extrémité externe 154 disposée dans un trou radial 155 formé dans le boîtier 151 du manipulateur afin qu'ils puissent tourner et coulisser. L'extrémité interne du 10 pignon a une tête 156 en T qui peut tourner et coulisser dans une voie 157 en queue d'aronde (figure 19) d'un organe allongé 158 de came ou en forme de coin. Cet organe 158 est relié à son extrémité supérieure, par un dispositif convenable 159 de fixation, à un tronçon 160 de corps formant mandrin et, à son 15 extrémité inférieure, l'organe 158 est raccordé par un dispositif 161 de fixation à un tronçon inférieur 162 de corps formant mandrin. Chaque tronçon de l'ensemble à mandrin de manipulation a la même construction et comporte des tronçons de mandrin et des tronçons allongés raccordés sous forme d'un ensemble intégré.

20 Chaque organe 158 porte aussi de préférence un organe ou manchon 163 de centrage disposé dans un trou 164 afin qu'il puisse se déplacer radialement et contenant un ressort hélicoïdal 165 de compression qui agit vers l'extérieur sur l'organe 153 afin qu'il exerce une force radiale de centrage 25 contre la paroi interne du boîtier 151 tout en permettant un déplacement longitudinal relatif de l'ensemble formant le mandrin et du boîtier. Des goupilles transversales convenables passent dans une fente 166 de l'organe 163 et forment un dispositif de retenue lorsque le mandrin ne se trouve pas dans le corps 11. Chaque organe 158 est placé dans une fente radialement allongée 167 afin de pouvoir se déplacer longitudinallement, dans le boîtier 151 du manipulateur, et un épaulement 168 de butée est formé à l'extrémité inférieure de la fente 30 167 (figure 18b) et limite le déplacement longitudinal permis 35 du mandrin interne dans le boîtier 151.

La figure 4e indique que l'extrémité inférieure 169

du mandrin interne coopère avec un ressort hélicoïdal 170 de compression qui prend appui sur un siège 171 formé au raccord du boîtier 151 et d'un tronçon inférieur plein 172 du manipulateur. Les figures 4e et 20 indiquent aussi que 5 l'extrémité inférieure du manipulateur peut être centrée dans le corps 11 par des organes ou bouchons supplémentaires 173 qui sont repoussés vers l'extérieur par des ressorts hélicoïdaux 174 prenant appui contre des sièges 175, les organes 173 de centrage étant retenus par des goupilles 176 10 afin qu'ils ne puissent pas sortir des sièges 175. Il apparaît ainsi que le mandrin interne formé de plusieurs organes 158 en forme de coins et de tronçons de connexion 160 et 162, peut se déplacer vers le bas malgré la force ascendante exercée par le ressort 170 lorsque le manipulateur a été introduit 15 dans l'outil de forage et lorsque le poids des barres de descente de câble s'applique normalement au mandrin interne.

Un dispositif est destiné à faire tourner les pignons PA à PD en sens opposés. Comme indiqué sur la figure 19, le boîtier 151 a un tronçon interne 180 et un tronçon interne 20 181 placés en regard, ayant des fentes ou gorges allongées 182 et 183 qui logent deux crémaillères 184 et 185 placées en regard, les fentes étant prolongées longitudinalement afin qu'elles permettent un déplacement alternatif relatif des crémaillères 184 et 185, à la suite de la commande de l'outil 25 manipulateur, comme décrit dans la suite, en provoquant la rotation du pignon choisi PA, PB, PC ou PD. Dans le mode de réalisation représenté, les gorges 182 et 183 sont formées dans des tronçons 186 parallèles à une corde, fixés dans le boîtier 151, par exemple par un nombre convenable d'organes 30 187 de fixation.

Comme indiqué précédemment, les crémaillères 184 et 185 sont destinées à se déplacer en translation dans les gorges 182 et 183 et des cliquets à billes 188 sont placés dans les tronçons 186 afin qu'ils retiennent les crémaillères en 35 position choisie dans les gorges 182 et 183. Comme l'indique la figure 18c, les cliquets 188 à billes ont au moins trois cavités 188a destinées à loger la bille et à maintenir les

crémaillères 184 et 185 dans la position neutre représentée sur la figure 18c dans laquelle les crémaillères sont placées l'une en face de l'autre et se trouvent au centre par rapport au pignon PB, les crémaillères 184 et 185 pouvant aussi être 5 maintenues dans leurs positions décalées. Les crémaillères se déplacent longitudinalement en sens opposés lors du déplacement longitudinal d'une crémaillère et de la rotation du pignon intermédiaire dans un sens afin que l'autre crémaillère se déplace longitudinalement dans l'autre sens.

10 Un dispositif est destiné à provoquer un déplacement longitudinal relatif de l'une des crémaillères 184 et 185 dans sa gorge 182 ou 183, à la suite de la descente du mandrin interne par rapport au boîtier externe 151 du manipulateur lorsque celui-ci vient en appui contre l'outil déviateur. Comme 15 représenté sur la figure 18c par exemple, le corps externe 151 a quatre orifices taraudés 201, 202, 203 et 204. Les deux premiers se trouvent d'un côté du boîtier 151, alignés au-dessous de la crémaillère 185 alors que les deux autres orifices 203 et 204 se trouvent du côté diamétralement opposés 20 du boîtier 151 et sont alignés sous la crémaillère 184. Ces orifices taraudés sont destinés à loger un ergot de mise en action dont l'un est représenté par la référence 201P sur la figure 18c. Un autre ergot 204P placé dans l'orifice taraudé 204 est diamétralement opposé à l'ergot 201. Ainsi, après 25 logement de l'outil manipulateur dans l'outil déviateur, la descente du boîtier 151 étant alors arrêtée, le poids des barres de descente du câble indiqué précédemment dépasse la force antagoniste du ressort 170 placé au-dessous du tronçon interne 169, si bien que le mandrin interne et les coins ou cames 158 30 descendant par rapport aux pignons PA à PD, en exerçant un effet de coin dû à la rampe 158a, si bien que les pignons PA à PD sont déplacés radialement vers l'extérieur par effet de came et assurent la coopération de la douille 154a formée à l'extrémité externe du pignon correspondant avec une extrémité complémentaire 99a d'entraînement des pignons 95a à 95d. 35 Le mandrin interne peut continuer à descendre par rapport au boîtier 151, après la coopération des pignons 95a à 95d et

PA à PD, lorsque la tête 156 des pignons respectifs PA à PD coopère avec un tronçon 157a de la fente en queue d'arondie formée dans l'organe 158. Pendant la descente ultérieure du mandrin interne et comme indiqué sur la figure 18c par exemple, la crémaillère 185 vient en butée contre l'ergot 201P et empêche une descente plus importante de la crémaillère 185 et la rotation résultante du pignon intermédiaire PB, lorsque le mandrin interne continue à descendre, si bien que la crémaillère 184 placée en regard est déplacée vers le bas jusqu'à ce qu'elle soit au contact de l'ergot 204P.

Il apparaît sur les figures 17 et 18c que, dans les conditions représentées, la rotation dans le sens anti-horaire du pignon PB de la figure 18c, provoquée par la descente du mandrin après la coopération de la crémaillère 185 avec l'ergot 201P, provoque une rotation dans le sens anti-horaire du pignon 95a du dispositif AA de mise en action et la descente de la crémaillère 90a. Ce phénomène provoque la descente du conduit 62 d'une distance suffisante pour qu'une communication s'établisse entre la chambre inférieure VC2 et l'intérieur du tube 62, par l'intermédiaire de l'orifice 85 formé dans le manchon 62. D'autre part, si le mouvement est inversé afin que la communication s'établisse entre la chambre supérieure VC1 et l'intérieur du tube 62 par l'intermédiaire de l'orifice 84, un ergot de mise en action peut être disposé dans le trou foré 203, et les ergots 201P et le pignon 204P peuvent être tirés, si bien que la crémaillère 184 est arrêtée, lors de la descente du mandrin interne, et provoque la remontée de la crémaillère 185 après coopération de la crémaillère 184 avec l'ergot placé dans la cavité 203.

La description qui précède montre que diverses combinaisons d'arrangement d'ergots de mise en action placés dans les orifices 201 à 204, dans les mécanismes correspondants de mise en action de soupapes de l'outil manipulateur, peuvent donner diverses combinaisons d'ouverture et de fermeture des quatre soupapes V, si bien que l'une ou l'autre des chambres VC1 et VC2 peut être reliée par l'intermédiaire d'un piston asservi choisi P5 à P8 qui reçoit du fluide sous pression

lorsqu'un piston principal est repoussé pendant une rotation de  $180^\circ$  de l'outil déviateur.

L'ouverture et la fermeture choisies des quatre soupapes déterminent, lors du fonctionnement de l'outil déviateur, 5 le fait que le forage du trou progresse avec une inclinaison qui augmente ou qui diminue ou le fait que l'outil a une attitude de forage rectiligne, en étant centré dans le trou par les stabilisateurs S1 et S2. L'ouverture et la fermeture sélectives des soupapes permettent aussi la mise sous pression 10 de deux pistons asservis adjacents, si bien que, non seulement l'angle peut être accru ou réduit, mais encore la direction dans laquelle l'angle augmente ou diminue peut être modifiée. D'autre part, l'ouverture et la fermeture sélectives des soupapes permet de repousser l'outil de forage d'une manière qui 15 tend essentiellement à modifier la direction de progression du forage plutôt que l'inclinaison.

La description qui précède et la figure 21 à laquelle on se réfère montrent que le fluide sous pression transmis par les chambres P1 et P2 des pistons principaux, lorsque l'outil déviateur tourne dans le trou, est transmis par les pistons 20 pendant la rotation, lors du contact avec la face inférieure du trou, pendant une rotation de  $180^\circ$  sensiblement de l'outil. La chambre VC1 reçoit du fluide sous pression transmis par le piston P1 et la chambre VC2 du fluide transmis par le piston 25 P2. La pression est transmise des deux chambres aux soupapes V5, V6, V7 et V8 dans lesquelles, sous la commande des dispositifs de mise en action AA, AB, AC et AD, le fluide sous pression provenant de l'une ou l'autre chambre peut être transmis aux chambres de pistons asservis P5, P6, P7 et P8. Sur la 30 figure 21, le dispositif à pistons asservis est représenté avec des désignations directionnelles N pour Nord, E pour Est, S pour Sud et O pour Ouest. Il faut noter en conséquence que, dans un mode choisi de fonctionnement, le fluide sous pression du piston P1 peut être transmis par la chambre VC1 au seul piston asservi P5, si bien qu'une seule impulsion de pression 35 est transmise par tour et repousse le piston P5 contre la paroi du trou, l'outil et le trépan étant repoussés vers l'Est, sous l'action de la force de réaction. Lorsqu'on veut que la

force de déviation se maintienne pendant toute la rotation de l'outil, la pression transmise au piston principal P2, lorsqu'il se déplace à la face inférieure du trou, peut être transmise par la chambre VC2 à la chambre P7 d'un piston asservi, 5 si bien que, lorsque l'outil a tourné de 180°, le piston P7 applique aussi une force contre le trou, vers l'Ouest et provoque ainsi l'application d'une force de déviation à l'outil et au trépan vers l'Est. Dans ce dernier cas en conséquence, le trépan reçoit deux impulsions de force ou de pression à chaque tour. Il faut aussi noter qu'une paire choisie de pistons asservis adjacents peut recevoir du fluide sous pression, une ou deux fois par tour le cas échéant. Dans ce cas, si l'on suppose que les pistons Nord et Est sont repoussés contre le trou, une force est appliquée au trépan vers le Sud. D'autre 15 part, lorsqu'aucune poussée latérale ne doit être exercée sur l'outil, toutes les soupapes V5 à V8 peuvent se trouver en position centrale et les stabilisateurs S1 et S2 stabilisent simplement l'outil déviateur afin que le forage soit rectiligne.

Il apparaît ainsi que l'invention concerne un outil déviateur utile pour le forage des puits dirigés par forage rotary, l'inclinaison et la direction pouvant être modifiées par simple descente d'un outil manipulateur pré-réglé dans le puits, jusqu'à ce qu'il vienne contre l'outil déviateur, les soupapes V5 à V8 de commande pouvant être ouvertes ou fermées 20 à volonté afin qu'elles déterminent le mode de fonctionnement. Cependant, l'outil peut être aussi réglé manuellement à la partie supérieure du trou afin que l'attitude voulue de forage 25 soit déterminée.

REVENDICATIONS

1. Outil déviateur destiné à régler l'inclinaison et la direction d'un train rotatif de forage d'un puits dans une formation terrestre, ledit outil étant caractérisé en ce qu'il comporte un corps allongé ayant une extrémité supérieure (12) destinée à être raccordée au train de tiges (P) et une extrémité inférieure (13) destinée à être raccordée à ce train près d'un trépan, un trou formé dans le corps pour la circulation d'un fluide de forage dans le train de tiges et le trépan, un dispositif (MP) à pistons principaux, adjacents à l'extrémité supérieure du corps et comprenant un piston (P1) mobile radialement vers l'intérieur par coopération du dispositif à pistons principaux avec la face inférieure de la paroi du trou du puits, un dispositif (SP) à pistons asservis adjacent à l'extrémité inférieure du corps et comprenant plusieurs pistons distants circonférentiellement (P5-P8), destinés à se déplacer radialement et à exercer une poussée latérale à l'extrémité inférieure du corps lors d'un déplacement radial vers l'extérieur, le corps ayant une chambre de soupape (VC1) placée entre le dispositif (MP) à pistons principaux et le dispositif (SP) à pistons asservis, des passages de fluide formés dans le corps et faisant communiquer la chambre de soupape et le dispositif à pistons principaux d'une part et la chambre de soupape et le dispositif à pistons asservis d'autre part, et des soupapes de sélection (V5-V8) destinées à faire circuler un fluide sous pression par l'intermédiaire de la chambre de soupape et des passages choisis afin qu'un piston asservi choisi se déplace radialement vers l'extérieur lorsque le piston principal se déplace radialement vers l'intérieur.
2. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les soupapes de sélection (V5-V8) comportent une soupape pour chaque piston asservi (P5-P8) et un dispositif de mise en action destiné à ouvrir et fermer sélectivement chaque soupape afin qu'il établisse une communication sélective de la chambre de soupape avec le dispositif à pistons asservis.
3. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un anneau stabilisateur (S1) entourant le dispositif

à pistons principaux et le corps et destiné à coopérer avec la paroi du trou foré, et un anneau stabilisateur (S2) entourant le dispositif à pistons asservis et le corps et destiné à coopérer avec la paroi du trou foré.

5. 4. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les soupapes de sélection (V5-V8) comportent une soupape pour chaque piston asservi, un dispositif de mise en action destiné à ouvrir et fermer sélectivement chaque soupape afin qu'il établisse sélectivement la communication de la chambre de soupape avec le dispositif à pistons asservis, et un dispositif (M) variable à distance et destiné à commander les dispositifs de mise en action lorsque l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.

5. 5. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les soupapes de sélection (V5-V8) comportent une soupape par piston asservi, des dispositifs de mise en action sont destinés à ouvrir et fermer sélectivement chaque soupape en établissant ainsi une communication sélective de la chambre de soupape avec le dispositif à pistons asservis, et un outil (M) à câble 20 comporte un dispositif destiné à commander sélectivement les dispositifs de mise en action lors de l'abaissement de cet outil dans le trou du corps afin que les soupapes choisies soient ouvertes ou fermées alors que l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.

25. 6. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les soupapes de sélection (V5-V8) comportent une soupape par piston asservi et ont un manchon fixe (80) muni d'orifices et un manchon (83) ayant des orifices et mobile longitudinalement par rapport au manchon fixe afin qu'il établisse et interrompe la communication entre la chambre de soupape et le dispositif à pistons asservis, et un dispositif de mise en action destiné à déplacer le manchon mobile en sens opposés.

7. Outil selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (M) modifiable à distance et destiné à commander les dispositifs de mise en action en sens opposés lorsque l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.

8. Outil selon la revendication 6, caractérisé en ce

qu'il comprend un outil (M) suspendu à un câble et destiné à commander les dispositifs de mise en action après l'abaissement de cet outil dans le trou formé dans le corps afin que les soupapes de sélection soient déplacées dans un sens ou

5 dans l'autre.

9. Outil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de mise en action comprend une crémaillère (90a) montée sur le manchon mobile longitudinalement, et un pignon (84a) qui peut tourner sur le corps et qui coopère avec la 10 crémaillère, le pignon ayant un arbre exposé à l'extérieur du corps et destiné à coopérer avec un outil d'entraînement.

10. Outil selon la revendication 9, caractérisé en ce que le pignon (84a) a aussi un arbre exposé dans le trou du corps et destiné à coopérer avec un dispositif d'entraînement.

15 11. Outil selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend un outil manipulateur (M) suspendu à un câble et ayant un organe d'entraînement qui peut fonctionner après l'abaissement de l'outil manipulateur dans le trou du corps afin qu'il coopère avec l'arbre et fasse tourner celui-ci 20 dans un sens choisi.

12. Outil selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'outil manipulateur comprend un boîtier allongé (151) destiné à se loger dans le trou du corps, un mandrin qui peut se déplacer longitudinalement dans le boîtier lorsque celui-ci 25 est mis en place, le dispositif d'entraînement est un pignon (154) qui peut tourner dans le boîtier et qui peut se déplacer radialement, une came destinée à déplacer le pignon de commande en direction radiale en coopération avec l'arbre du pignon de mise en action de soupapes à la suite du déplacement longitudinal du mandrin dans le corps, des crémaillères opposées (184, 185) coopérant avec le pignon de commande et destinées à être déplacées longitudinalement en sens opposés dans le boîtier, et un dispositif de sélection monté sur le mandrin et destiné à coopérer avec l'une des crémaillères opposées et à 30 35 la déplacer lors du déplacement du mandrin dans le boîtier afin que le pignon de commande tourne dans un sens choisi.

13. Outil selon la revendication 12, caractérisé en ce que les pignons des dispositifs de mise en action (95a) et

les pignons de commande (184, 185) sont espacés longitudinalement et angulairement de façon correspondante dans le corps de l'outil déviateur et dans le boîtier de l'outil manipulateur afin que le boîtier de l'outil manipulateur se loge de façon complémentaire dans le corps de l'outil déviateur, le boîtier et le corps ayant des dispositifs coopérants destinés à orienter mutuellement le corps et le boîtier afin que les dispositifs de mise en action et les pignons de commande espacés angulairement soient alignés.

10 14. Outil déviateur destiné à régler l'inclinaison et la direction d'un train de tiges rotatif de forage d'un puits dans une formation terrestre, ledit outil étant caractérisé en ce qu'il comporte un corps allongé ayant une extrémité supérieure (12) destinée à être raccordée au train de tiges (P) et une extrémité inférieure (13) destinée à être raccordée au train de tiges (P) à proximité du trépan, un trou formé dans le corps pour la circulation du fluide de forage dans le train de tiges et le trépan, un dispositif (MP) à pistons principaux adjacents à l'extrémité supérieure du corps et comprenant au moins deux chambres (1, 2) distantes diamétralement et contenant des pistons (P1, P2) mobiles radialement et déplacés vers l'intérieur alternativement par coopération du dispositif à pistons principaux avec la face inférieure de la paroi du trou foré, un dispositif (SP) à pistons asservis adjacents à l'extrémité inférieure du corps et comprenant au moins deux chambres (5, 6, 7, 8) distantes diamétralement ayant des pistons mobiles radialement et destinés à exercer une poussée latérale sur l'extrémité inférieure du corps lors d'un déplacement radial vers l'extérieur, le corps ayant deux chambres de soupape (VC1, VC2) formées entre le dispositif à pistons principaux et le dispositif à pistons asservis, un premier passage de fluide faisant communiquer l'une des chambres de soupapes et l'une des chambres de pistons principaux, un second passage de fluide faisant communiquer l'autre des chambres de soupape et l'autre des chambres de pistons principaux, des passages de fluide faisant communiquer les deux chambres de soupapes et chacune des chambres de pistons asservis, des sou-

- 5      papes de sélection (V5-V8) destinées à ouvrir et fermer les passages de fluide formés entre les chambres de soupapes et les chambres de pistons asservis, et des dispositifs de mise en action destinés à ouvrir et fermer les soupapes en établissant ou interrompant la communication entre une chambre choisie de soupape et des chambres choisies de pistons asservis afin que les pistons asservis choisis soient déplacés radialement vers l'extérieur à la suite d'un déplacement radial vers l'intérieur des pistons principaux.
- 10     15.      Outil selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend un anneau stabilisateur (S1) entourant le dispositif (MP) à pistons principaux et le corps afin qu'il coopère avec la paroi du trou foré, et un anneau stabilisateur (52) entourant le dispositif (SP) à pistons asservis et le corps afin qu'il coopère avec la paroi du trou foré.
- 15     16.      Outil selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (M) modifiable à distance et destiné à commander les dispositifs de mise en action lorsque l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.
- 20     17.      Outil selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend un outil (M) suspendu à un câble et ayant un dispositif destiné à commander sélectivement les dispositifs de mise en action après l'abaissement de l'outil suspendu à un câble dans le trou du corps de l'outil déviateur afin qu'il ouvre et ferme les soupapes choisies (V5-V8) lorsque l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.
- 25     18.      Outil selon la revendication 14, caractérisé en ce que les soupapes de sélection (V5-V8) sont présentes à raison d'une par piston asservi et ont chacune un organe fixe (80) ayant des orifices communiquant avec les chambres de soupapes (VC1, VC2) et un organe (83) ayant des orifices et mobile en sens opposés par rapport à l'organe fixe afin qu'il établisse et interrompe la communication entre l'une ou l'autre des chambres de soupapes et l'une des chambres de pistons asservis, et un dispositif de mise en action destiné à déplacer l'organe mobile en sens opposés.
- 30     19.      Outil selon la revendication 18, caractérisé en ce

qu'il comprend un dispositif (M) modifiable à distance et destiné à commander les dispositifs de mise en action en sens opposés lorsque l'outil déviateur se trouve dans le trou foré.

20. Outil selon la revendication 18, caractérisé en ce

5 qu'il comporte un outil (M) suspendu à un câble et destiné à commander le dispositif de mise en action après l'abaissement de cet outil suspendu dans le trou du corps de l'outil déviateur, afin que des manchons de soupapes choisis soient déplacés en sens opposés.

10 21. Outil selon la revendication 18, caractérisé en ce

que le dispositif de mise en action comprend un pignon mené monté sur l'organe mobile et un pignon menant tournant dans le corps, coopérant avec le pignon mené et ayant un arbre exposé à l'extérieur du corps et destiné à coopérer avec

15 un outil d'entraînement.

22. Outil selon la revendication 18, caractérisé en ce que le dispositif de mise en action comporte une crémaillère (90a) montée sur l'organe mobile et un pignon (95a) pouvant tourner dans le corps et coopérant avec la crémaillère, le pignon ayant un arbre exposé à l'extérieur du corps et destiné à coopérer avec un outil d'entraînement, le pignon présentant aussi l'arbre exposé dans le trou formé dans le corps afin qu'il puisse coopérer avec un organe d'entraînement.

23. Outil selon la revendication 22, caractérisé en ce

25 qu'il comprend un outil manipulateur (M) suspendu à un arbre ayant un organe d'entraînement qui fonctionne après abaissement de l'outil manipulateur dans le trou du corps de l'outil déviateur afin qu'il coopère avec un arbre et fasse tourner un arbre choisi dans un sens choisi.

30 24. Outil selon la revendication 23, caractérisé en ce

que l'outil manipulateur (M) a un boîtier allongé (151) destiné à se loger dans le trou du corps de l'outil déviateur, un mandrin mobile longitudinalement dans le boîtier lorsque celui-ci est logé dans le corps, l'organe d'entraînement étant un pignon (154) de commande, mobile radialement et destiné à tourner dans le boîtier, une came destinée à déplacer le pignon de commande en coopération avec l'arbre du pignon du dispositif de

mise en action de soupapes après déplacement longitudinal du mandrin dans le boîtier, des crémaillères opposées (184, 185) coopérant avec le pignon de commande et destinées à se déplacer longitudinalement en sens opposés dans le boîtier, et un dispositif de sélection monté sur le mandrin et destiné à coopérer avec l'une des crémaillères et à la déplacer lors du déplacement du mandrin dans le boîtier afin que le pignon de commande tourne dans le sens choisi.

25. Outil selon la revendication 18, caractérisé en ce que le dispositif de mise en action comprend un pignon mené sur l'organe mobile et un pignon menant destiné à tourner dans le corps et coopérant avec le pignon mené, le pignon menant ayant un arbre exposé à l'extérieur du corps et destiné à coopérer avec un outil d'entraînement, le pignon menant ayant aussi un arbre exposé dans le trou du corps et destiné à coopérer avec un dispositif d'entraînement, et comprenant un outil manipulateur (M) suspendu à un câble, et qui, lorsqu'il est abaissé dans le trou du corps, coopère avec un arbre et fait tourner un arbre choisi dans un sens choisi, l'outil manipulateur ayant un boîtier allongé (151) destiné à se loger dans le trou du corps, un mandrin mobile longitudinalement dans le boîtier lorsque celui-ci est placé dans le corps, un pignon de commande (154) mobile radialement et destiné à tourner dans le boîtier, une came destinée à déplacer le pignon de commande afin qu'il coopère avec l'arbre du pignon du dispositif de mise en action de soupapes à la suite du déplacement longitudinal du mandrin dans le corps, des crémaillères opposées (184, 187) coopérant avec le pignon de commande et mobiles longitudinalement en sens opposés dans le boîtier, et un dispositif de sélection monté sur le mandrin et destiné à coopérer avec une des crémaillères opposées et à la déplacer lors du déplacement du mandrin dans le boîtier afin que le pignon de commande tourne dans un sens choisi, les arbres des pignons des dispositifs de mise en action et les pignons de commande ayant un espacement angulaire et longitudinal correspondant dans le corps et dans le boîtier de l'outil manipulateur afin qu'ils coopèrent lorsque le boîtier se trouve dans le corps, le

corps et le boîtier ayant des dispositifs coopérants destinés à orienter le boîtier dans le corps afin que les arbres des pignons des dispositifs de mise en action et les pignons de commande espacés angulairement soient alignés.

- 5 26. Outil destiné à régler l'inclinaison et la direction d'un train de tiges rotatif de forage d'un puits dans une formation terrestre, ledit outil étant caractérisé en ce qu'il comprend un corps allongé ayant une extrémité supérieure (12) destinée à être raccordée au train de tiges de forage et
- 10 une extrémité inférieure (13) destinée à être raccordée au train de tiges près du trépan, un trou formé dans le corps et destiné à la circulation d'un fluide forage dans le train de tiges et le trépan, le corps ayant une première et une seconde chambres sous pression (VC1, VC2) , un dispositif (MP) à
- 15 pistons principaux adjacents à l'extrémité supérieure du corps et comprenant deux chambres radiales (1, 2) espacées diamétralement et un piston dans chaque chambre, un premier passage de fluide formé entre la première chambre sous pression et une chambre de piston, un second passage de fluide formé entre
- 20 la seconde chambre sous pression et l'autre chambre de piston, un dispositif (SP) à pistons asservis adjacents à l'extrémité inférieure du corps et comprenant plusieurs chambres radiales (5-8) et distantes circonférentiellement, contenant chacune un piston, un passage formé entre chaque chambre de pistons
- 25 asservis et chacune des première et seconde chambres sous pression, des soupapes (V5-V8) destinées à ouvrir et fermer le passage entre chaque chambre de pistons asservis et les chambres sous pression, et un dispositif de commande sélective des soupapes, destiné à établir et interrompre sélectivement la transmission d'un fluide sous pression des chambres des pistons principaux aux chambres choisies des pistons asservis par l'intermédiaire des chambres sous pression.
27. Outil selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (M) réglable à distance, destiné
- 30 à commander le dispositif de mise en action des soupapes afin qu'il ouvre et ferme les soupapes sélectivement alors que l'outil reste dans le trou foré.
- 35

28. Outil selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comprend un outil (M) suspendu à un câble, comprenant un dispositif destiné à commander sélectivement le dispositif de mise en action des soupapes afin qu'il ouvre et ferme les soupapes alors que l'outil déviateur reste dans le trou foré.

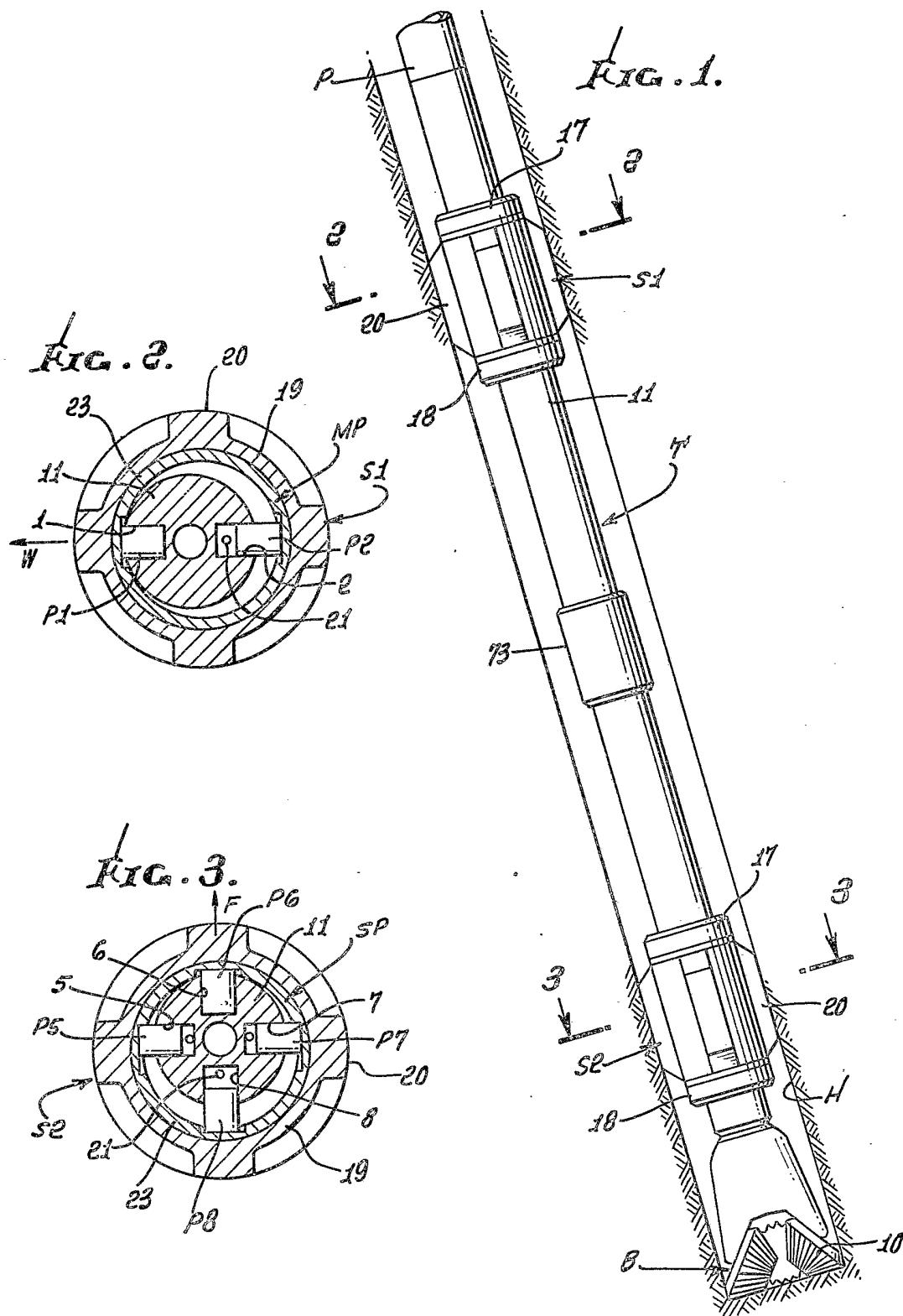


FIG. 4a.

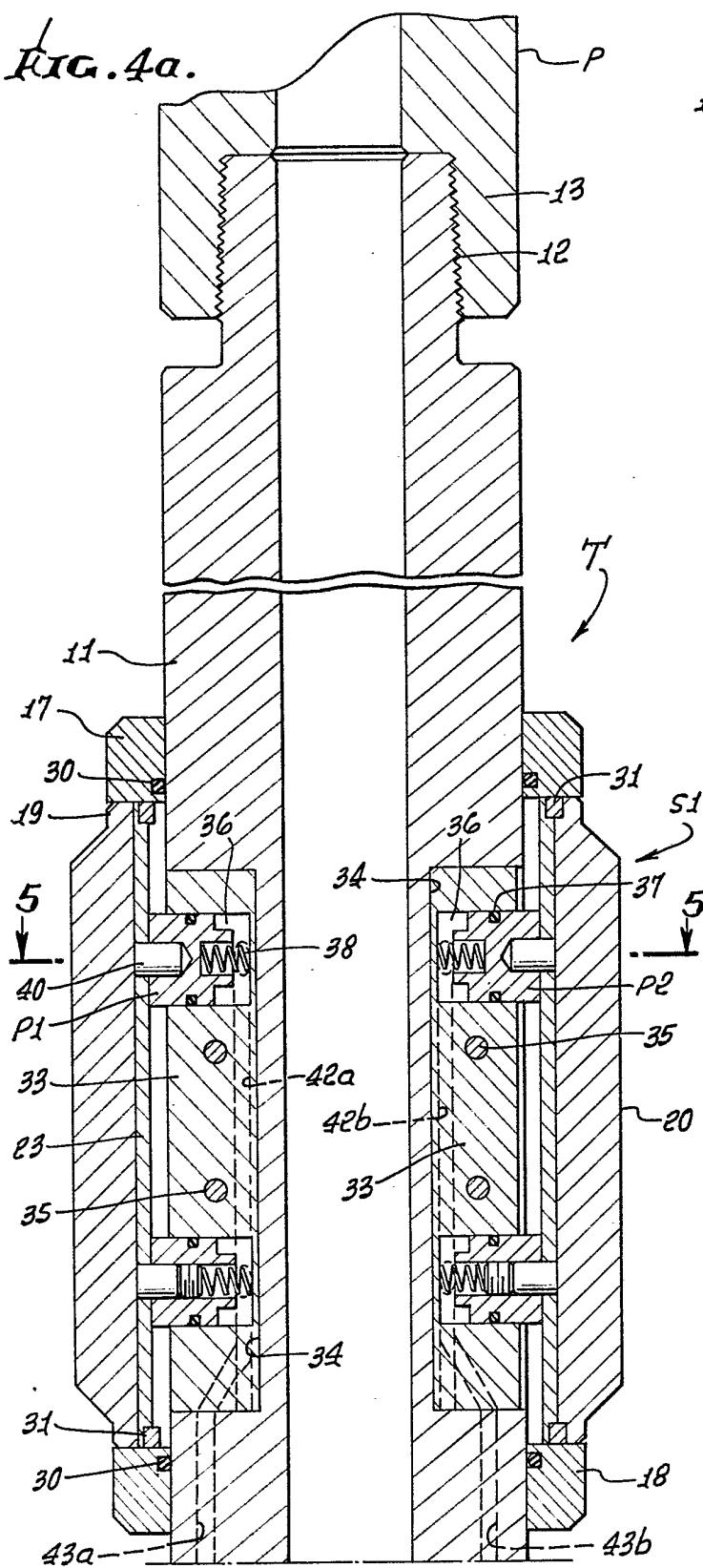


FIG. 16. 74

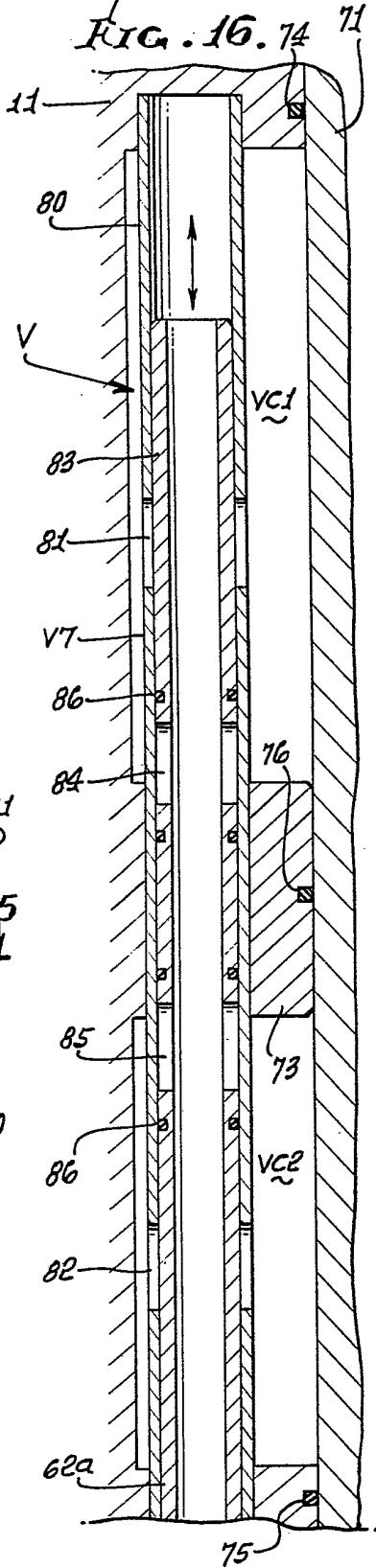


FIG. 4b.

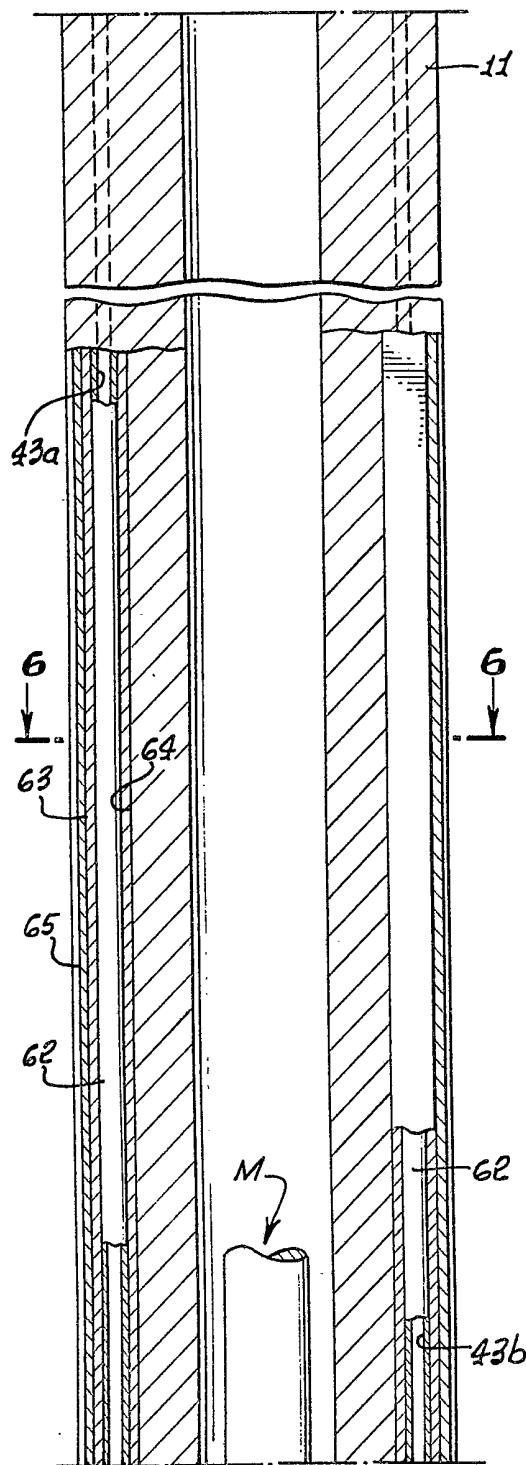


FIG. 4c.

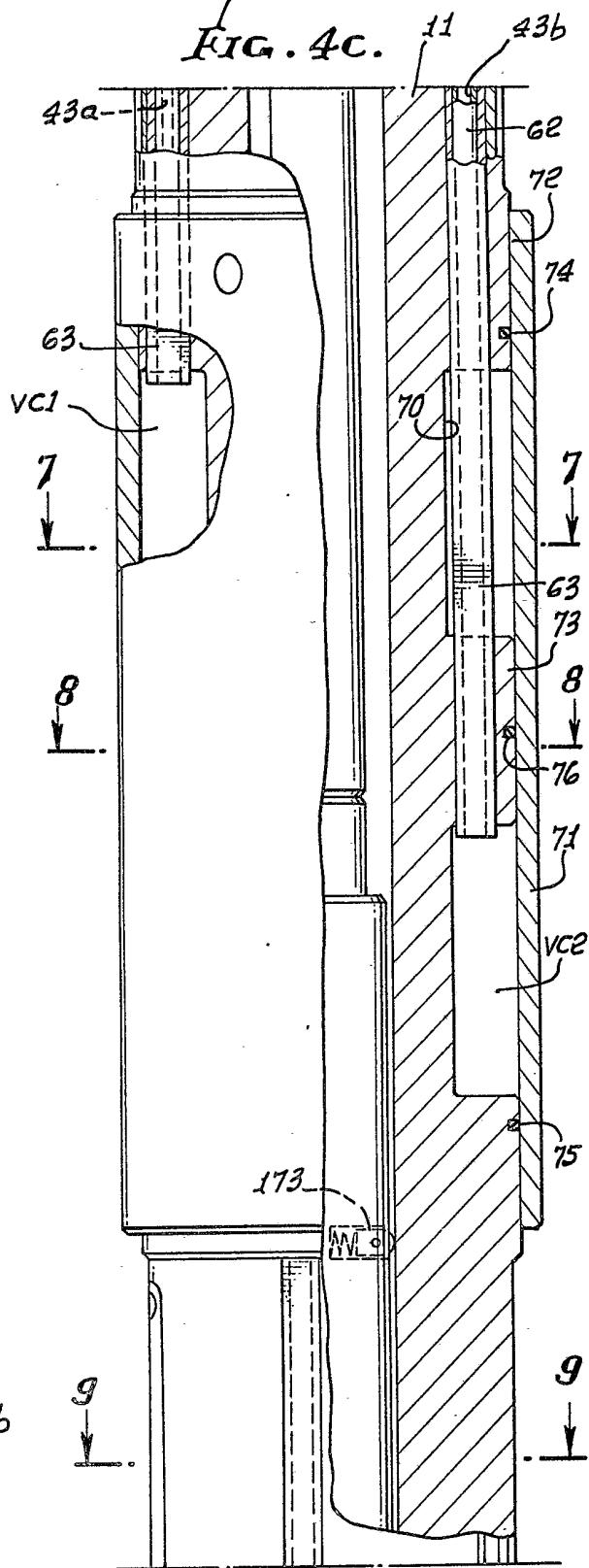


FIG. 4d.

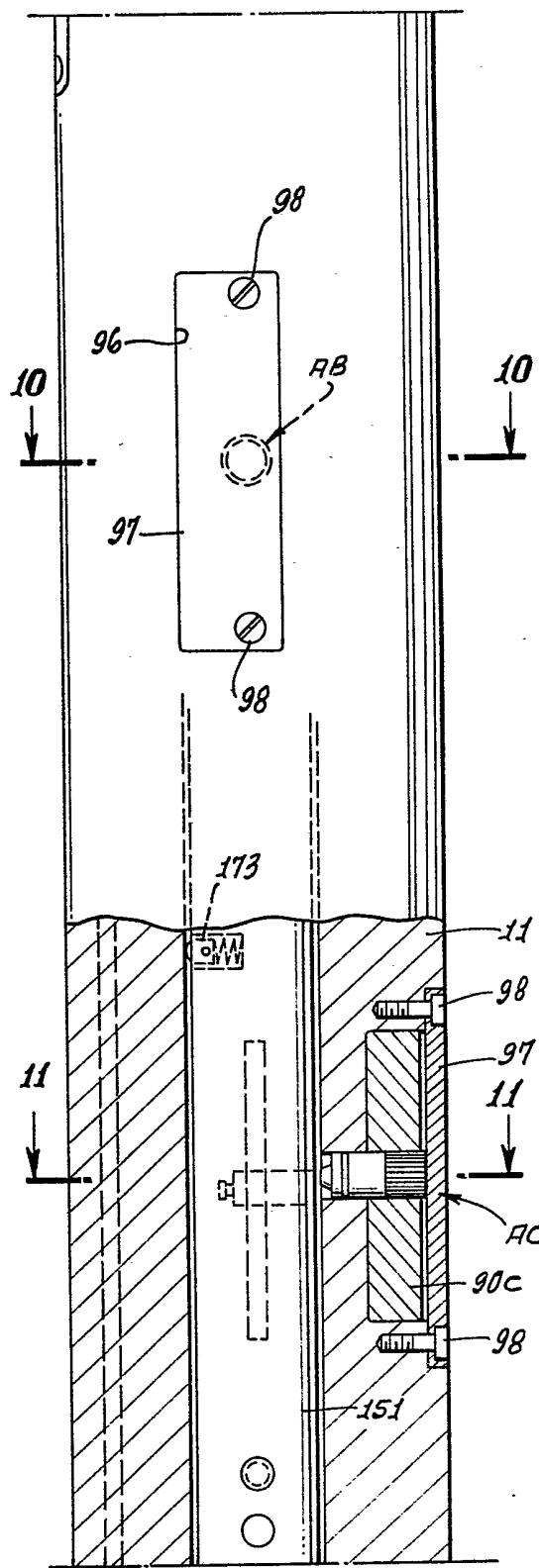


FIG. 4e.

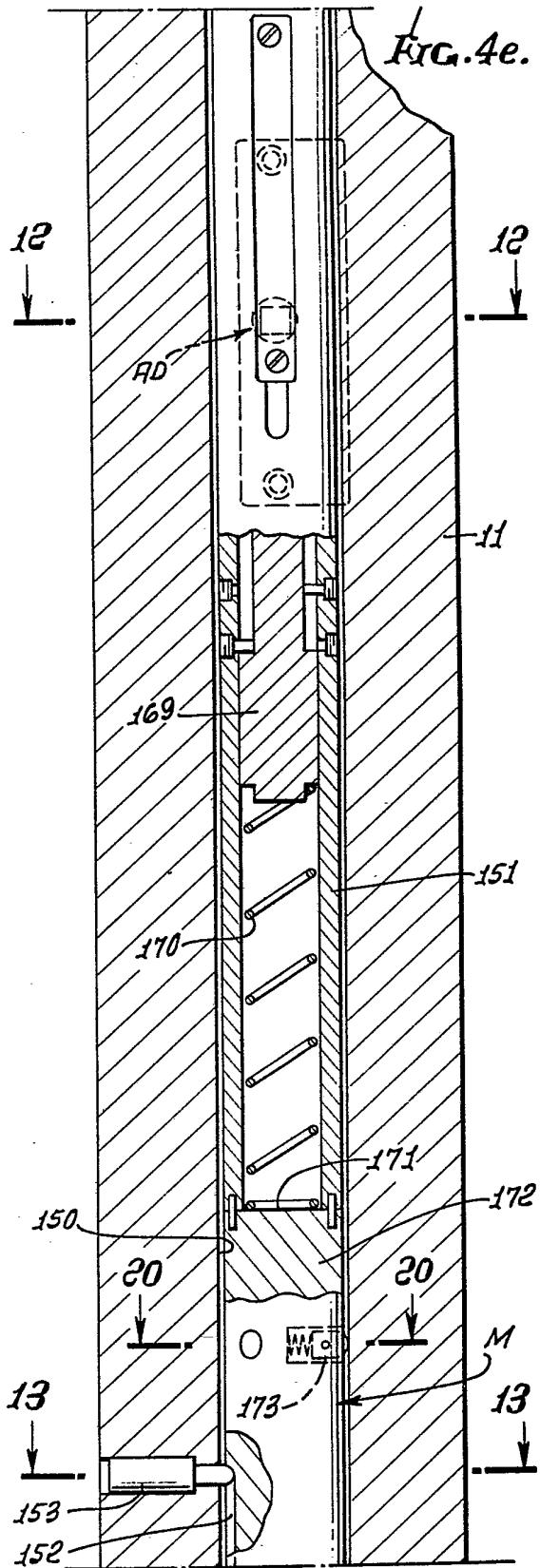
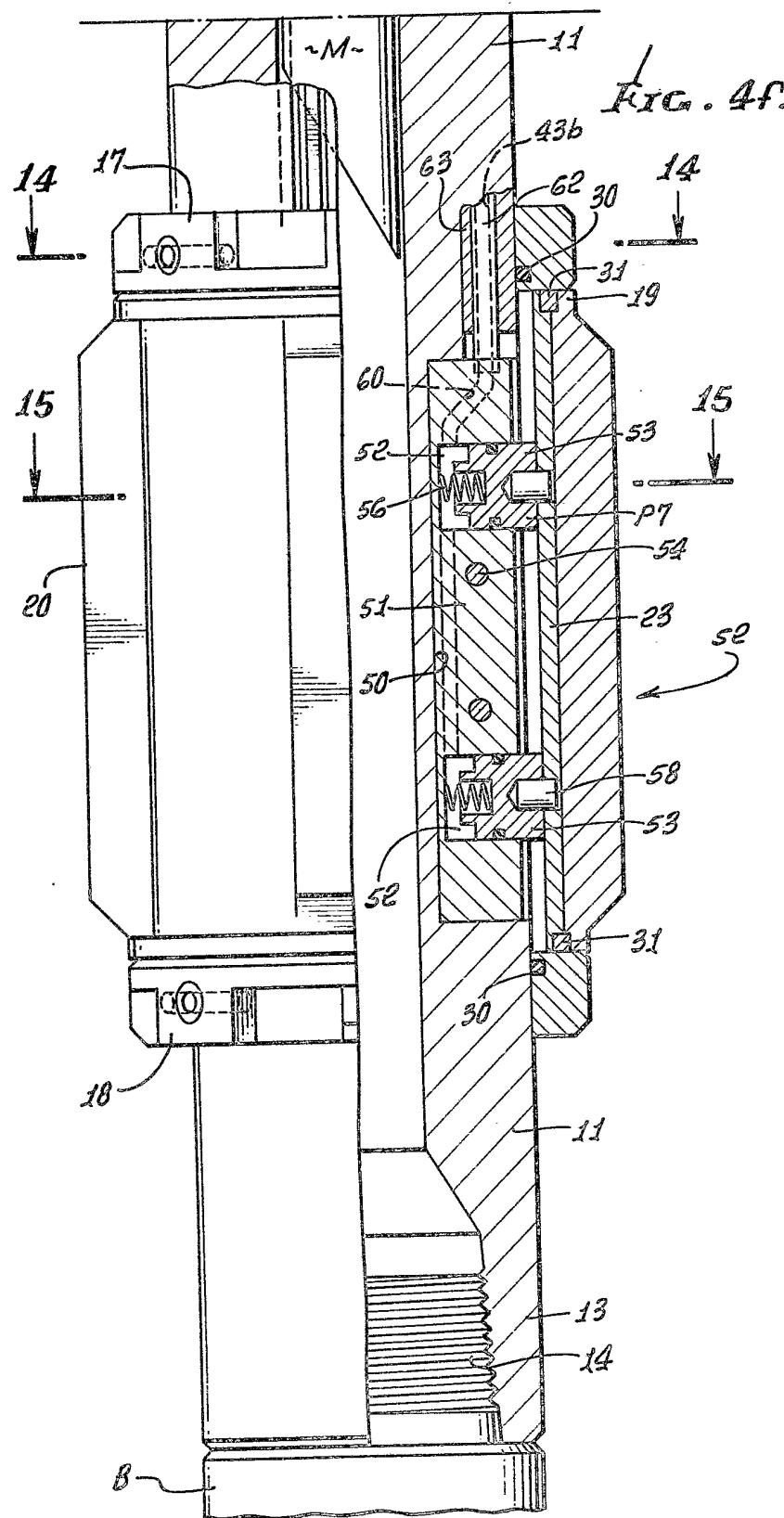
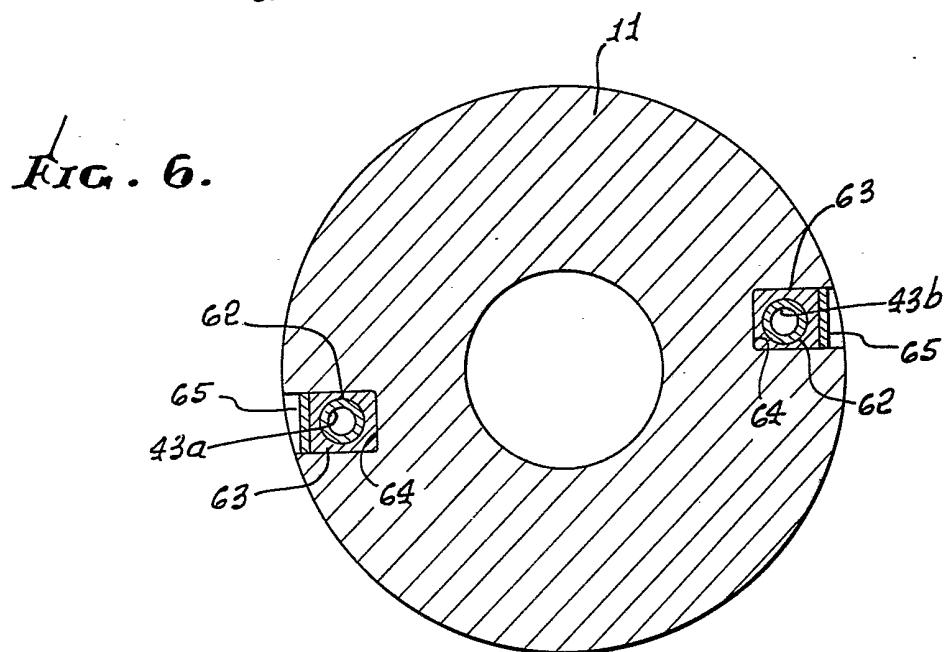
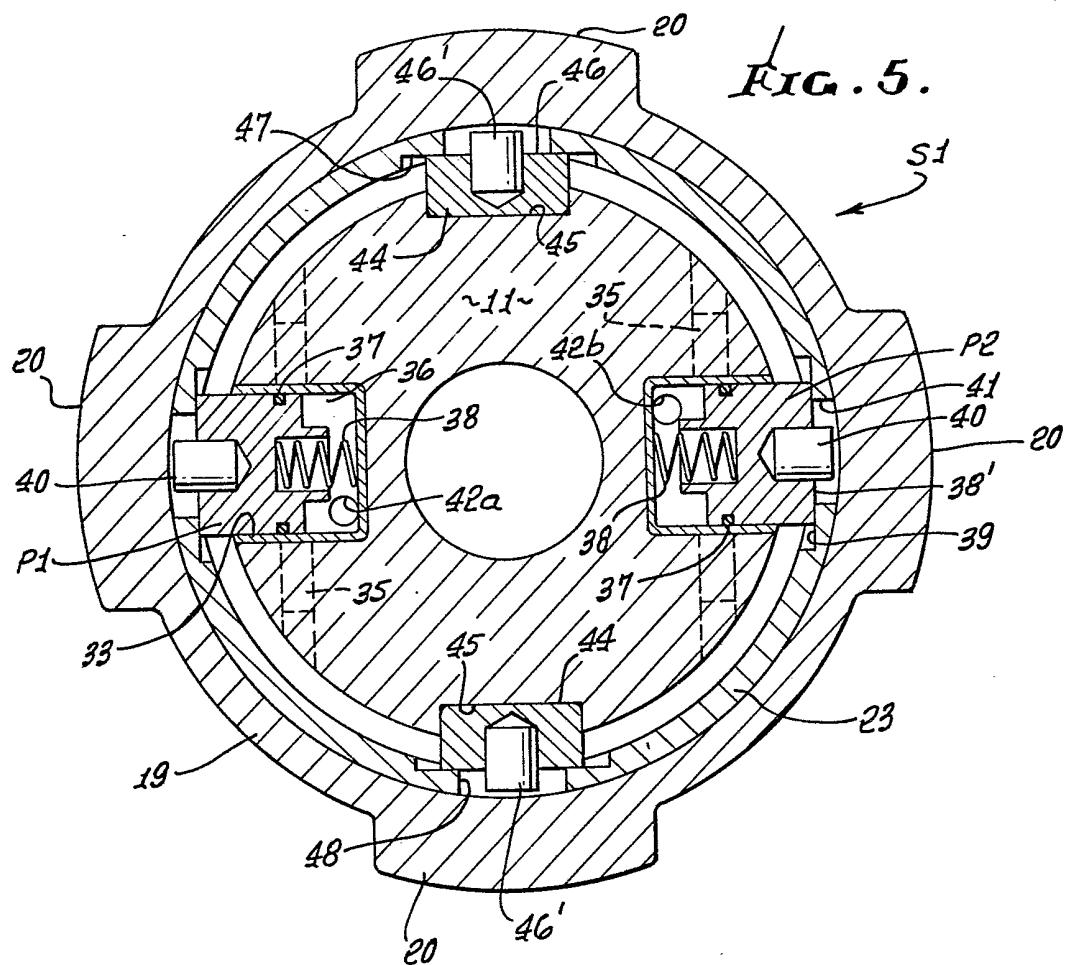


FIG. 4f.





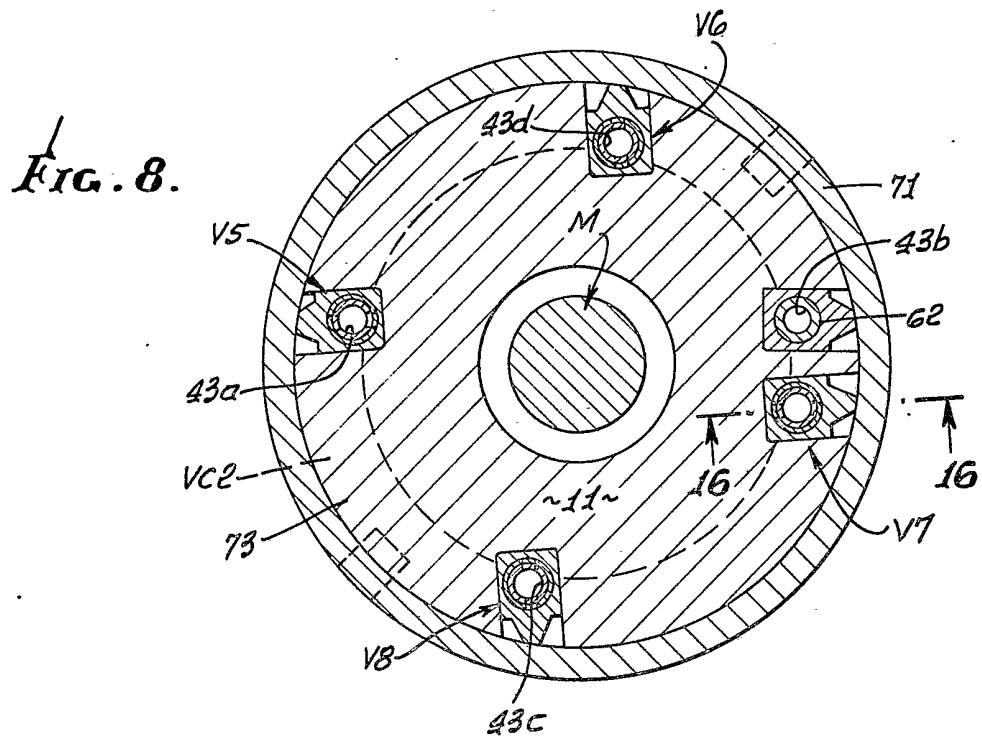
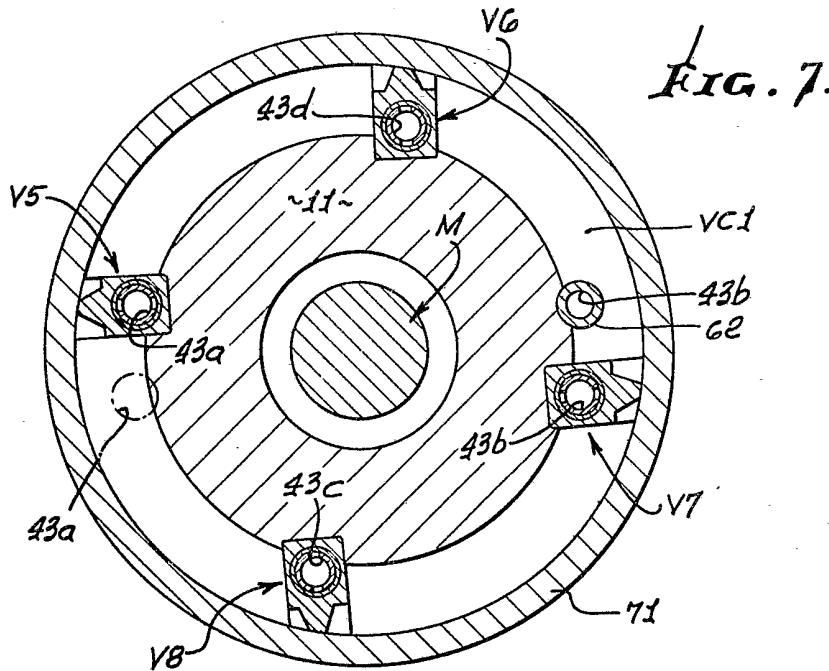


FIG. 9.

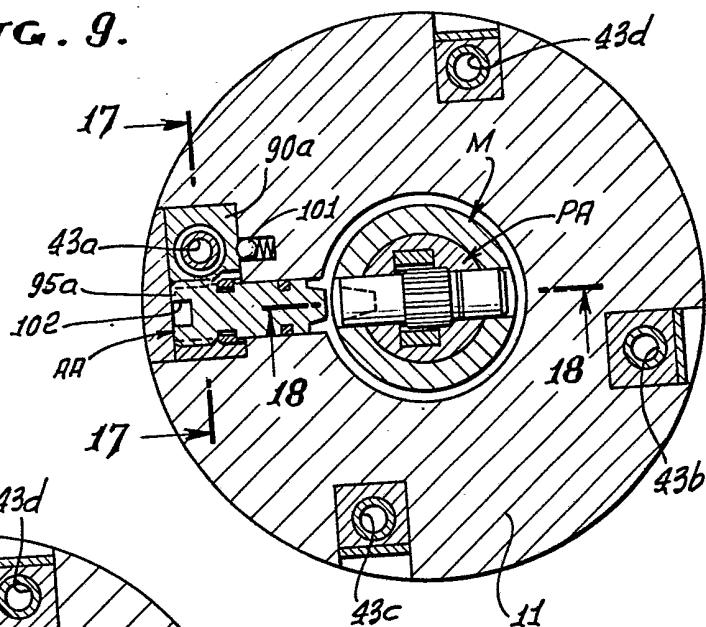


FIG. 10.

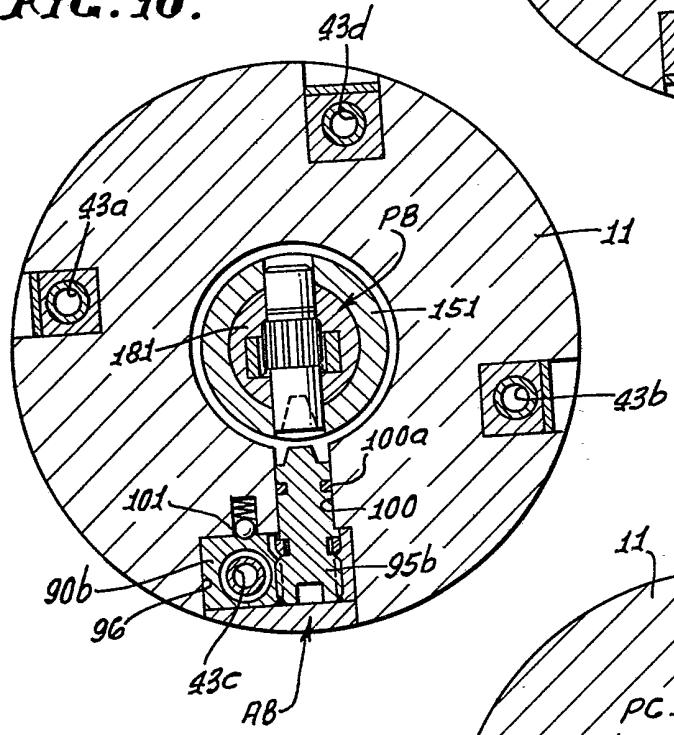
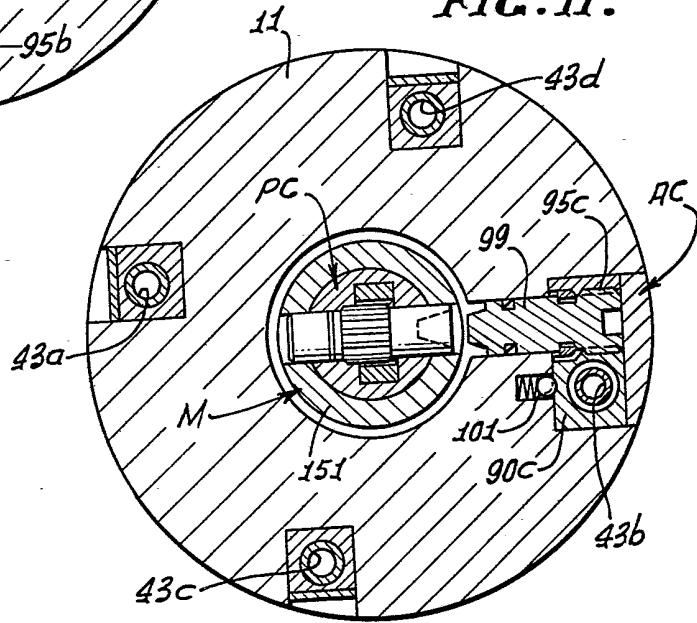
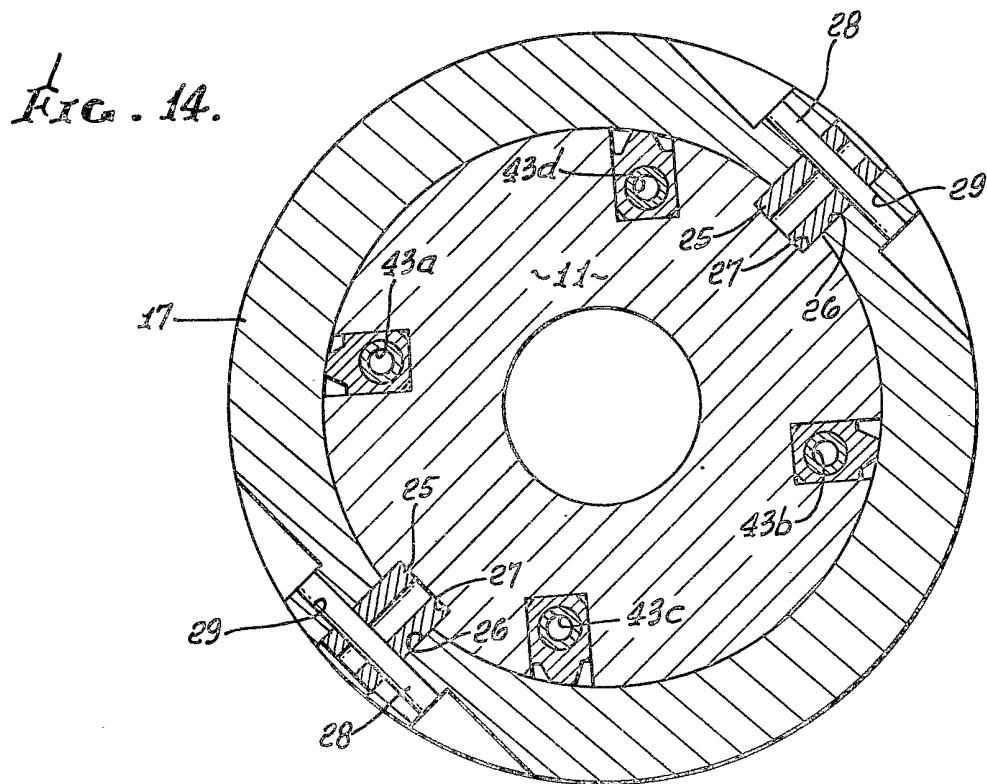
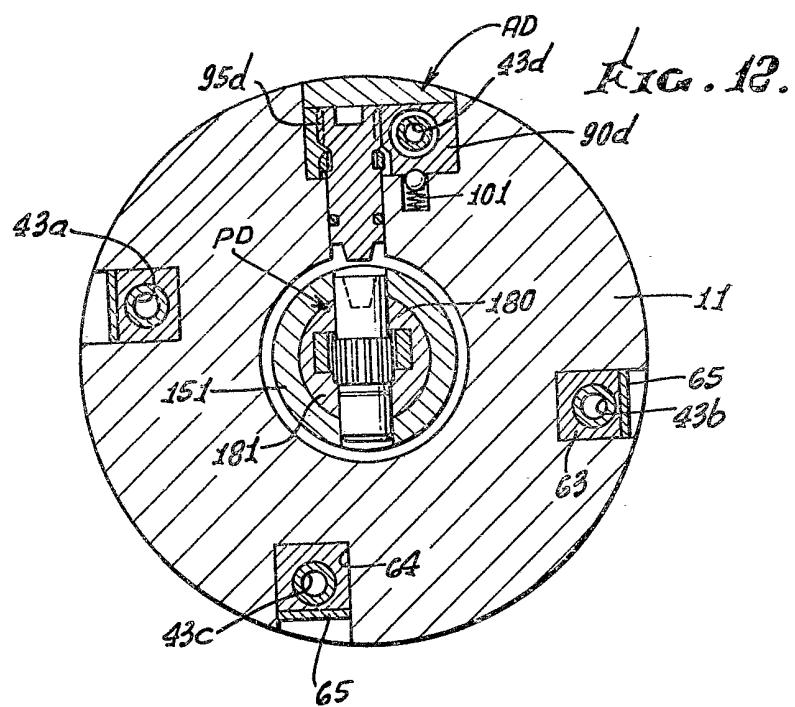


FIG. 11.





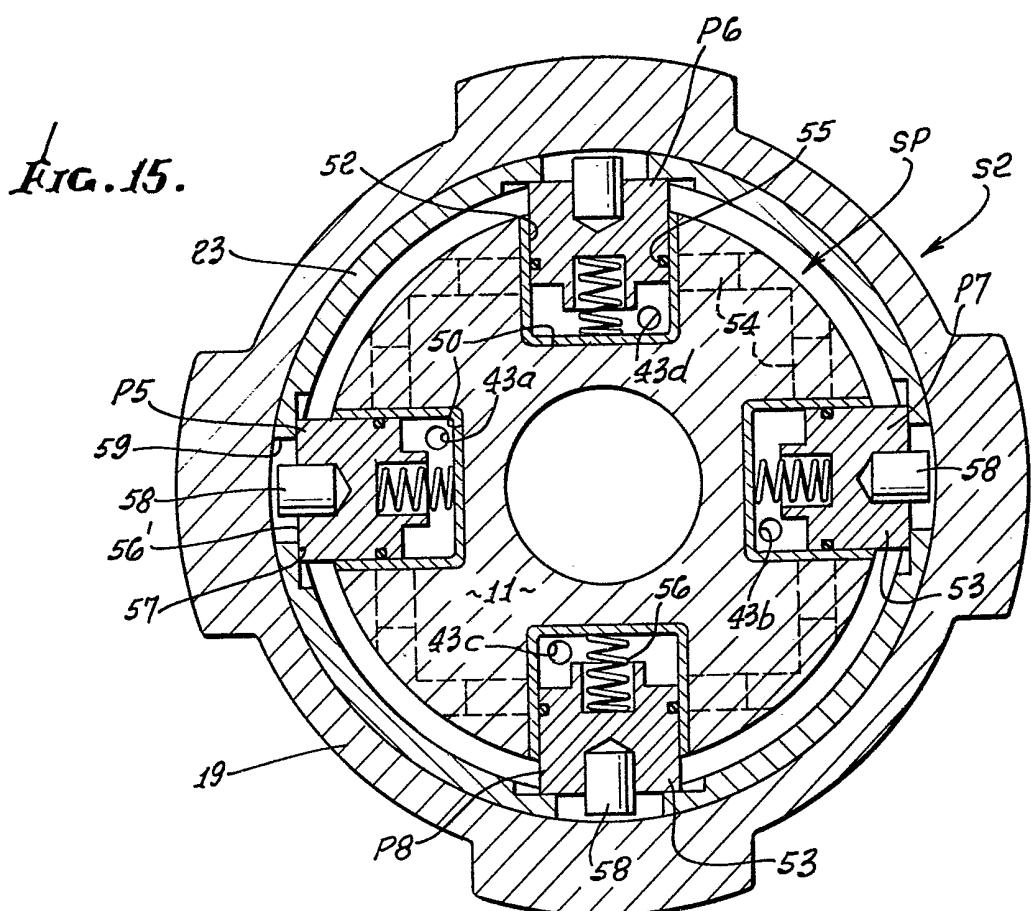
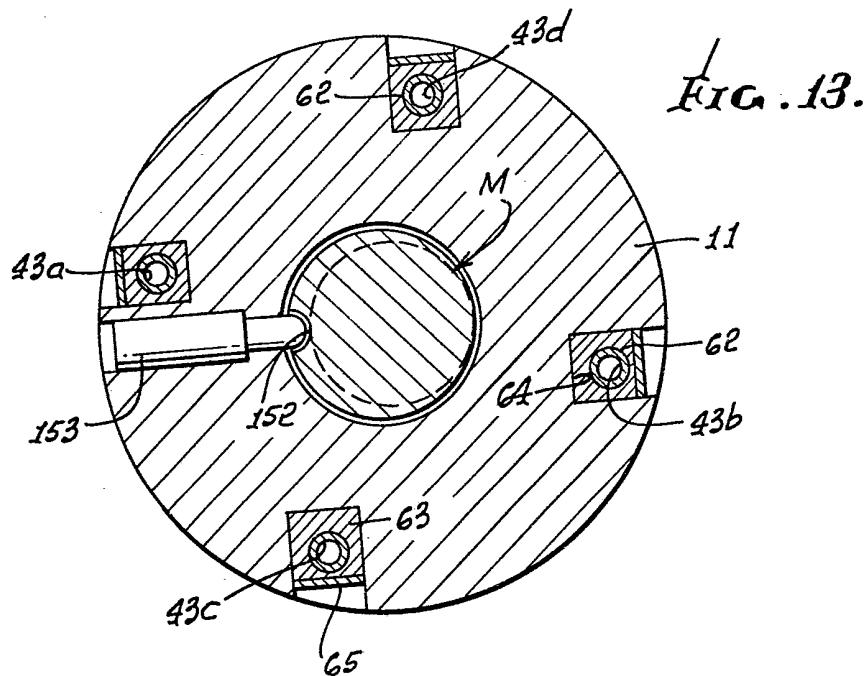


FIG. 17.

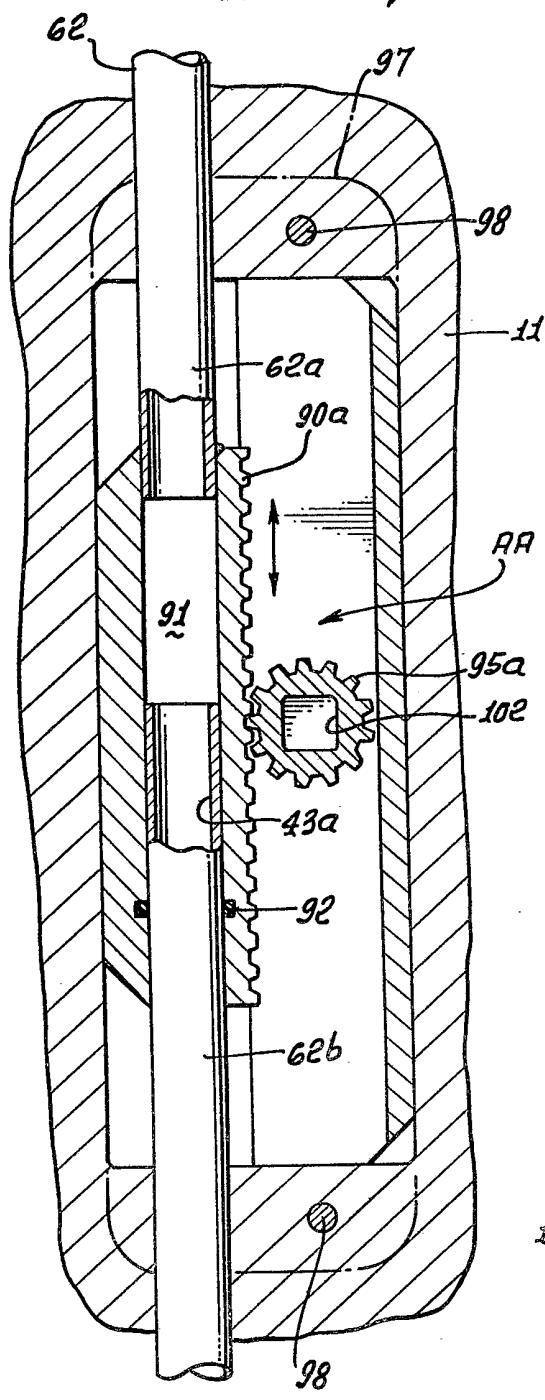


FIG. 19.

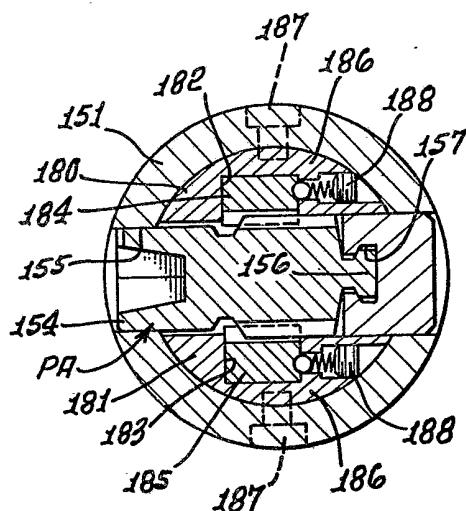


FIG. 20.

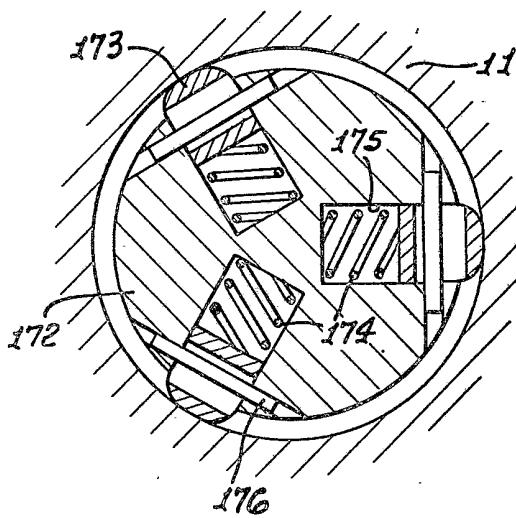


FIG. 18a.

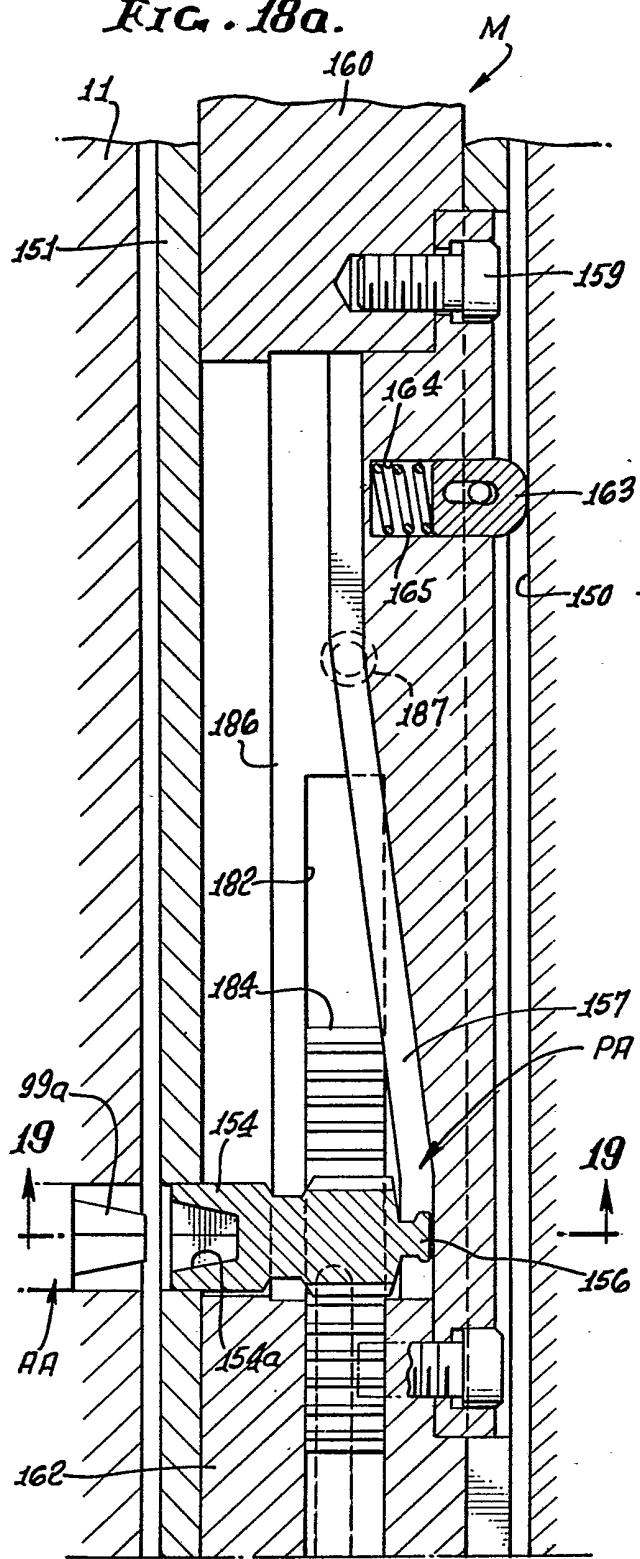


FIG. 18b.

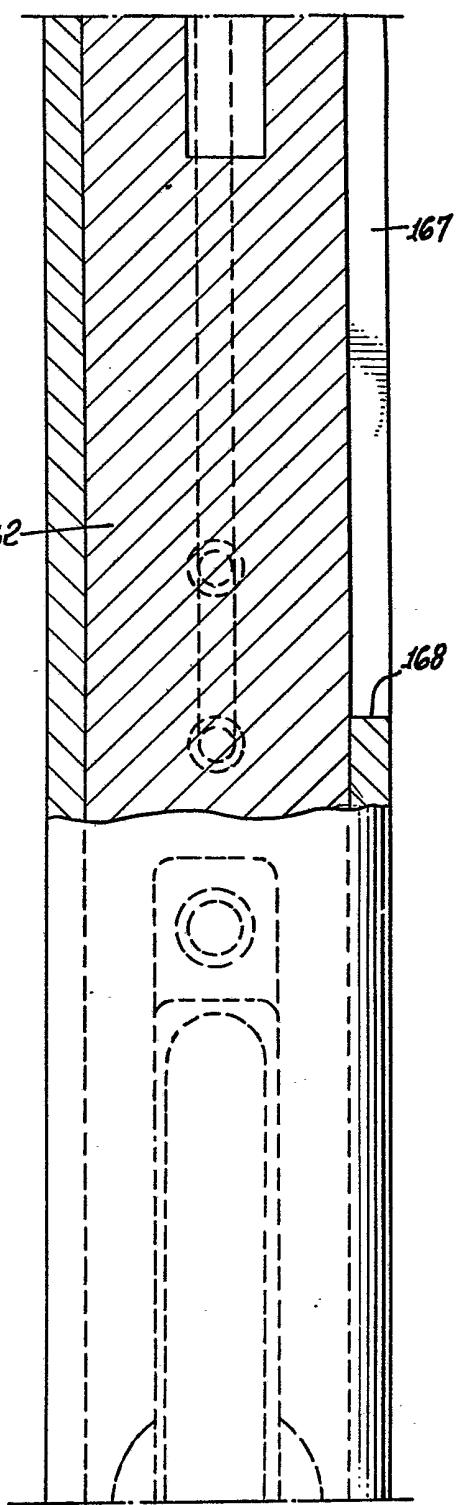


FIG. 18c.

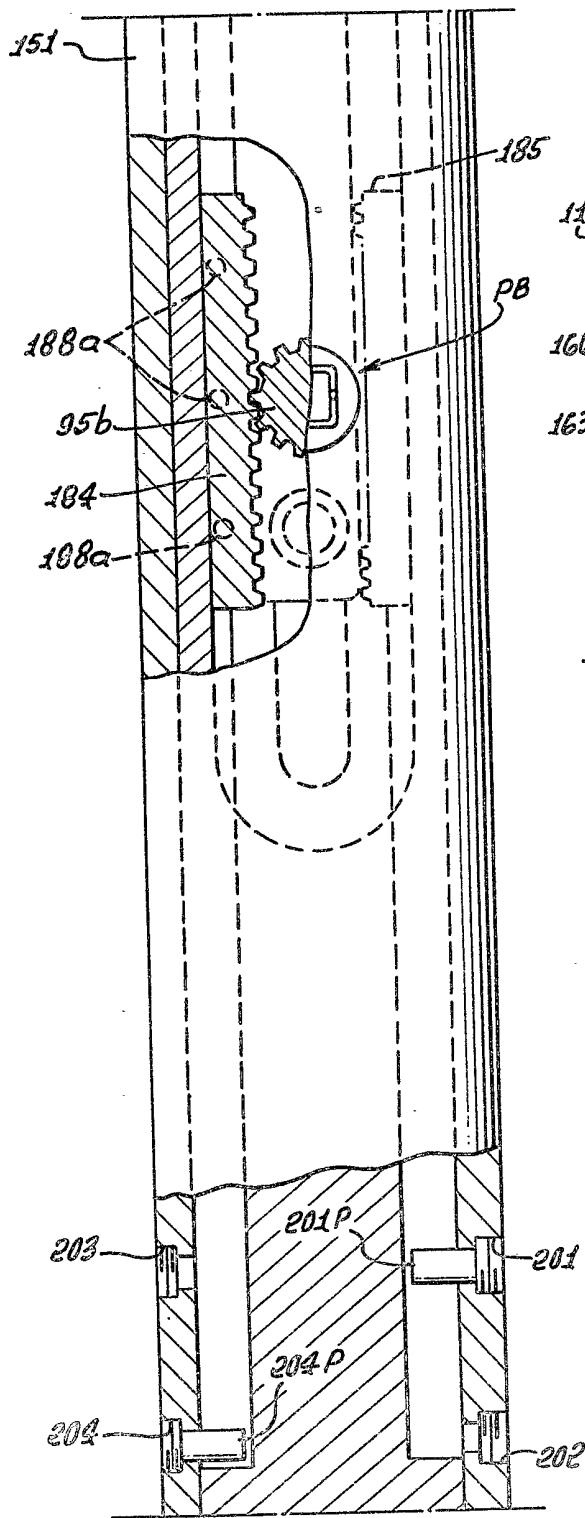


FIG. 18d.

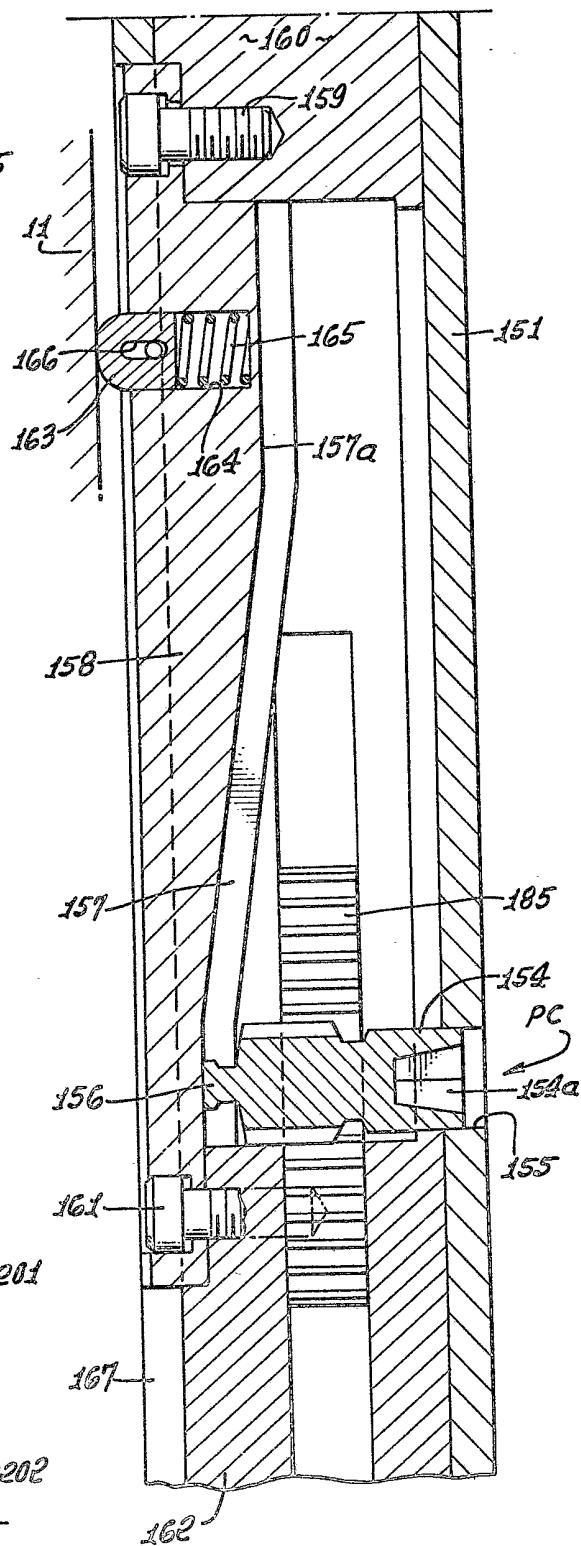


FIG. 21.

