

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 647 500

②1 N° d'enregistrement national :

89 06774

⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : E 21 B 47/06.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24 mai 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 48 du 30 novembre 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOCIETE DE PROSPECTION ELEC-  
TRIQUE SCHLUMBERGER. — FR.

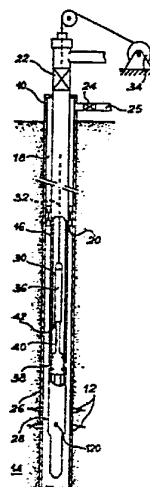
⑦2 Inventeur(s) : Pierre Goldschild.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Francis Hagel, Etudes et Productions  
Schlumberger, Service Brevets.

⑤4 Appareil d'essai d'un puits de forage pétrolier et procédé correspondant.

⑤7 Un appareil d'essai de puits de forage comprend un ensemble 28 monté à l'extrémité inférieure d'une colonne de production 16 et comportant une vanne 38 d'obturation du puits, et un ensemble de mesure 30 suspendu à un câble électriquement conducteur 32, de façon à pouvoir être accouplé à une tige 40 de commande de la vanne 38, lorsqu'il est descendu dans le puits. Le mécanisme 42, par lequel l'ensemble de mesure 30 s'accroche à la tige de commande 40, change d'état à chaque fois qu'un effort de traction est exercé sur le câble 32, selon un cycle prédéterminé comportant plusieurs états d'accrochage successifs et un état de décrochage. Lorsque ce mécanisme 42 est dans un état d'accrochage, l'application sur le câble d'un effort de traction supérieur à celui qui permet le changement d'état, commande l'ouverture de la vanne 38, cette dernière étant normalement fermée sous l'action d'un ressort de rappel. Les efforts exercés sur le câble restent ainsi toujours inférieurs à un seuil au-delà duquel un risque de rupture du câble ne pourrait être évité.



FR 2 647 500 - A1

D

APPAREIL D'ESSAI D'UN PUIITS DE FORAGE PETROLIER ET PROCE-  
DE CORRESPONDANT.

DESCRIPTION

L'invention concerne un appareil conçu pour être attaché à la partie inférieure de la colonne de production d'un puits de forage pétrolier, afin d'effectuer des essais permettant de déterminer les caractéristiques du réservoir de fluide pétrolier dans lequel débouche le puits et leur évolution prévisible en fonction du temps. L'invention concerne également un procédé pour réaliser de tels essais.

Ces essais consistent principalement à mesurer les variations de pression consécutives à une ou plusieurs opérations successives de fermeture et d'ouverture du puits à l'extrémité inférieure de la colonne de production.

A cet effet, un appareil d'essai de puits comprend, d'une part, une vanne d'obturation du puits montée dans le bas de la colonne de production, soit en faisant partie intégrante de celle-ci, soit de façon amovible, et, d'autre part, un ensemble de mesure comportant notamment un capteur de pression. En outre, l'appareil est conçu de façon à permettre la commande à distance de la vanne d'obturation du puits.

Ces dernières années, la conception des appareils d'essai de puits de forage a évolué pour se diriger vers des solutions permettant d'obtenir en temps réel les résultats des mesures de pression, de température et/ou de débit effectuées par l'ensemble de mesure, au moyen d'appareils simples et fiables, avec pour objectif prioritaire un temps d'immobilisation aussi court que possible du puits de forage.

Pour répondre à ces différents objectifs, il a été proposé de suspendre l'ensemble de mesure amovible

à un câble électriquement conducteur au moyen duquel les informations fournies par cet ensemble de mesure peuvent être exploitées en temps réel dans l'installation de surface. Cette solution permet d'exploiter immédiatement les résultats des mesures, et le cas échéant, d'effectuer des mesures supplémentaires dans le cas où certaines d'entre elles ne seraient pas satisfaisantes, sans pour autant qu'il soit nécessaire de remonter l'ensemble de mesure à la surface, puis de le redescendre.

De façon complémentaire, il a aussi été proposé d'utiliser la liaison mécanique entre le fond du puits et la surface, constituée par le câble auquel est suspendu l'ensemble de mesure, pour commander l'ouverture et la fermeture de la vanne, en exerçant des efforts de traction sur le câble puis en le relâchant, au travers d'un système d'accrochage reliant mécaniquement l'ensemble de mesure à la vanne d'obturation du puits.

Parmi les documents illustrant des appareils de ce type, on citera notamment les documents US-A-4 678 035, US-A-4 159 643 et FR-A-2 509 366.

Dans le document US-A-4 678 035, le nombre d'opérations d'ouverture et de fermeture de la vanne qui peut être commandé au cours d'une même descente est programmé à l'avance et ne peut pas dépasser une certaine limite. Par conséquent, si un nombre d'opérations supérieur au nombre programmé s'avère nécessaire par suite d'une erreur de mesure ou si le nombre d'opérations d'ouverture/fermeture de la vanne dépasse le nombre limite, il est nécessaire de remonter l'ensemble de mesure à la surface pour le réamorcer. Le temps d'immobilisation du puits se trouve ainsi sérieusement augmenté.

L'appareil décrit dans le document FR-A-2 509 366 présente des inconvénients comparables à celui qui vient d'être décrit. Ces inconvénients sont ici accrus par le fait qu'un réamorçage de l'appareil est nécessaire

après chaque cycle d'ouverture/fermeture de la vanne et que l'appareil présente une structure mécanique plus complexe.

Par ailleurs, si l'appareil d'essai décrit dans le document US-A-4 159 643 ne nécessite pas de réamorçage et permet un nombre d'opérations d'ouverture/fermeture de la vanne quelconque, il a pour inconvénient, comme d'ailleurs les deux appareils précédents, que la commande du décrochage de l'ensemble de mesure s'effectue en appliquant sur le câble auquel il est suspendu un effort de traction supérieur à l'effort de traction nécessaire à la manoeuvre de la vanne. Etant donné que ce dernier effort est relativement élevé, compte tenu des conditions de pression particulièrement sévères qui règnent dans le fond du puits, l'effort nécessaire à l'obtention du décrochage crée dans le câble des contraintes mécaniques importantes qui risquent d'engendrer sa cassure. De plus, en raison de la conception particulière de cet appareil, une partie du mécanisme lié à l'ensemble de mesure doit être démontée séparément, ce qui conduit ici encore à accroître de façon inopportune le temps d'immobilisation du puits nécessaire aux essais.

L'invention a précisément pour objet un appareil d'essai de puits de forage pétrolier présentant les mêmes caractéristiques générales que les appareils décrits dans les trois documents précités, mais dont la conception particulière lui permet, d'une part, de réaliser un nombre quelconque d'opérations d'ouverture/fermeture de la vanne d'obturation du puits sans nécessiter aucun réamorçage de l'appareil et sans que la remontée de l'ensemble de mesure se fasse en plusieurs fois lorsque les mesures sont terminées et, d'autre part, d'exercer sur le câble des efforts de traction suffisamment limités pour ne pas risquer sa rupture.

L'invention a aussi pour objet un appareil

d'essai de puits de forage pétrolier présentant une longueur aussi petite que possible, afin que les mesures soient faites à proximité immédiate de la formation, et offrent une section de passage sensiblement plus importante que les appareils existants, pour les fluides remontant dans la colonne de production.

Selon l'invention, ces résultats sont obtenus au moyen d'un appareil d'essai de puits de forage, comprenant un ensemble de fond de puits prévu pour être fixé de façon étanche dans le bas d'une colonne de production et comportant une vanne d'obturation du puits apte à être actionnée en exerçant un effort de traction sur un organe de commande de cette vanne ; et un ensemble de mesure amovible prévu pour être suspendu à un câble électriquement conducteur et apte à être accouplé à l'organe de commande par des moyens d'accrochage, caractérisé par le fait que les moyens d'accrochage occupent successivement des états d'accrochage et de décrochage, selon un cycle prédéterminé, chaque fois qu'un effort de traction est exercé sur le câble, l'effort de traction qui produit un changement d'état des moyens d'accrochage étant inférieur à l'effort de traction qui assure un actionnement de la vanne d'obturation du puits.

Etant donné que les essais effectués sur un puits de forage pétrolier mettent généralement en oeuvre plusieurs opérations d'ouverture/fermeture de la vanne, le cycle prédéterminé défini par les moyens d'accrochage comporte de préférence plusieurs états d'accrochage successifs et un état de décrochage.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les moyens d'accrochage comprennent une bague intermédiaire montée rotative sur l'organe de commande et comportant au moins une première rainure axiale que peut traverser un pion inférieur porté par l'ensemble de mesure amovible, lorsque la bague intermédiaire est dans

une position angulaire telle que la première rainure est alignée avec une deuxième rainure axiale formée sur une bague inférieure montée sur l'organe de commande, des moyens de commande de rotation étant prévus pour faire tourner la bague intermédiaire d'une fraction de tour par rapport à la bague inférieure, à chaque fois qu'un effort de traction est exercé sur le câble.

Les moyens de commande de rotation comprennent par exemple une bague supérieure tournante montée sur l'organe de commande et comportant une troisième rainure ayant des extrémités haute et basse séparées par ladite fraction de tour, et que peut traverser un pion supérieur porté par l'ensemble de mesure amovible et décalé de ladite fraction de tour par rapport au pion inférieur, des embrayages unidirectionnels étant placés entre la bague intermédiaire et chacune des bagues supérieure et inférieure.

Dans ce mode de réalisation préféré de l'invention, l'organe de commande est un tige centrale de commande qui fait saillie vers le haut à partir de la vanne d'obturation du puits, dans une enveloppe extérieure tubulaire de l'ensemble de fond de puits. La vanne d'obturation du puits comporte alors des orifices latéraux d'entrée de fluide formés dans l'enveloppe extérieure tubulaire et un organe obturateur coulissant dans cette enveloppe pour obturer ou dégager les orifices latéraux en réponse à un actionnement de la tige centrale.

Afin de réduire encore les efforts à appliquer sur le câble pour commander le fonctionnement de la vanne, la transmission à l'organe obturateur de la vanne des mouvements de la tige centrale de commande peut se faire par l'intermédiaire de deux vérins hydrauliques concentriques dont les chambres communiquent deux à deux et qui définissent entre eux un rapport d'amplification d'effort. Pour tenir compte des variations de température

et de pression qui peuvent se produire au fond du puits, des chambres de compensation de température et d'égalisation de pressions à volume variable reliées aux chambres communicantes des vérins sont également prévues.

L'utilisation de tels vérins d'amplification est particulièrement adaptée dans le cas où la vanne d'obturation du puits comprend des moyens de rappel tendant à déplacer l'organe obturateur vers le haut pour obturer les orifices latéraux.

Selon le puits de forage et notamment en fonction de la pression hydrostatique régnant en fond de puits, il peut être nécessaire de descendre la vanne d'obturation du puits à l'état fermé ou à l'état ouvert. Cependant, les appareils d'essai existants actuellement sont généralement conçus de telle sorte qu'ils ne peuvent être utilisés que dans l'un ou l'autre de ces deux cas. Pour remédier à cet inconvénient, l'appareil selon l'invention peut comprendre avantageusement des moyens de programmation placés entre l'organe obturateur et l'enveloppe extérieure tubulaire, afin de définir une position d'attente de la vanne d'obturation du puits lorsque les moyens d'accrochage ne sont pas accouplés, et des positions successives de la vanne lorsque les moyens d'accrochage sont accouplés et que le câble est soumis à des mouvements de traction et de relâchement successifs.

Avantageusement, ces moyens de programmation comprennent alors une douille de programmation interchangeable qui permet d'adapter l'appareil aux conditions d'utilisation particulières de chaque puits de forage.

L'invention a aussi pour objet un procédé pour réaliser des essais de puits de forage, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- fixer de façon étanche, dans le bas d'une colonne de production, un ensemble de fond de puits comportant une vanne d'obturation du puits ;

- descendre dans la colonne de production un ensemble de mesure amovible suspendu à un câble électriquement conducteur, jusqu'à ce que cet ensemble de mesure coopère avec l'ensemble de fond de puits par des moyens d'accrochage ;
- appliquer sur le câble des efforts de traction successifs au moins égaux à une première valeur, pour provoquer un changement d'état des moyens d'accrochage entre des états d'accrochage et de décrochage, selon un cycle prédéterminé, et des efforts de traction au moins égaux à une deuxième valeur supérieure à la première, pour assurer de plus un actionnement de la vanne d'obturation du puits.

Un mode de réalisation préféré de l'invention va à présent être décrit, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- La figure 1 est une vue en coupe verticale schématique représentant un exemple d'utilisation dans un puits de forage pétrolier d'un appareil d'essai de puits de forage pétrolier conforme à l'invention ;

- les figures 2 à 4 sont des vues en coupe verticale représentant successivement la partie supérieure, la partie intermédiaire et la partie basse de l'appareil d'essai de la figure 1 ;

- les figures 5 et 6 sont des vues en coupe schématique illustrant le principe de fonctionnement des deux vérins hydrauliques concentriques servant à commander la vanne d'obturation du puits, lorsque cette dernière occupe respectivement sa position de fermeture et sa position d'ouverture ;

- La figure 7 est une vue en perspective éclatée représentant les trois bagues qui sont montées sur la tige de commande de la vanne d'obturation du puits afin d'assurer l'accrochage de l'ensemble de mesure sur cette tige ;

- Les figures 8A à 8D sont des vues schématiques des trois bagues de la figure 7 montrant comment l'accrochage de l'ensemble de mesure est obtenu automatiquement en exerçant une traction sur le câble ;

- Les figures 9A à 9D sont des vues comparables aux figures 8A à 8D montrant comment une autre traction exercée sur le câble permet ultérieurement de décrocher l'ensemble de mesure de la tige de commande de la vanne ;

- Les figures 10A, 10B et 10C sont des vues en coupe longitudinale partielle illustrant l'accrochage de l'ensemble de mesure sur la tige de commande de la vanne lors de la descente de l'ensemble de mesure ; et

- La figure 11 est une vue développée représentant la surface extérieure d'une douille de programmation fixée de façon amovible sur l'organe obturateur de la vanne, afin de contrôler les positions successives occupées par cette dernière.

Sur la figure 1, la référence 10 désigne un tubage revêtant intérieurement un puits de forage pétrolier. Ce tubage 10 comporte des perforations 12 au niveau d'une formation souterraine 14 productrice d'un fluide pétrolier qui peut être liquide, gazeux ou constitué d'un mélange de liquide et de gaz.

Une colonne de production 16, constituée d'un train de tiges, est placée à l'intérieur du tubage 10, de façon à ménager avec ce dernier un espace annulaire 18. La colonne de production 16 s'étend depuis l'installation de surface (non représentée) jusqu'au fond du puits, au niveau des perforations 12. Elle est destinée à canaliser jusqu'à l'installation de surface le fluide pétrolier lorsque le puits est en exploitation. A proximité de son extrémité inférieure, l'espace annulaire 18 est obturé par une garniture d'étanchéité 20, généralement appelée "packer", qui est portée par la colonne de production 16.

L'installation de surface, bien connue des spécialistes, comporte notamment une vanne principale 22 placée directement dans le haut de la colonne de production 16 et au moins une vanne latérale 24 placée dans une canalisation de dérivation 25 raccordée sur l'espace annulaire 18.

Sur la figure 1, on a également représenté de façon schématique un appareil d'essai de puits de forage, désigné de façon générale par la référence 26. Cet appareil 26 comprend un ensemble de fond de puits 28 qui, dans le mode de réalisation représenté, fait partie intégrante de la colonne de production 16, et un ensemble de mesure amovible 30 qui est suspendu à un câble électriquement conducteur 32. L'ensemble de mesure 30 est conçu pour être descendu dans la colonne de production 16 afin d'être accouplé à l'ensemble de fond de puits 28 lorsque des essais doivent être effectués, et pour être remonté et évacué du puits, au moyen notamment d'un treuil 34, lorsque les essais sont terminés.

L'ensemble de mesure 30 comporte notamment un capteur de pression 36, auquel sont généralement associés un capteur de température et un débitmètre. Les valeurs des mesures effectuées par les différents capteurs de l'ensemble de mesure 30 sont immédiatement transmises en surface par le câble électriquement conducteur 32, de telle sorte qu'elles peuvent être exploitées en temps réel par un opérateur.

L'ensemble de fond de puits 28 comprend une vanne 38 d'obturation du puits, qui est commandée par une tige centrale de commande cylindrique 40 apte à être accouplée à l'ensemble de mesure 30 par des moyens d'accrochage 42. Ainsi, lorsque l'ensemble de mesure 30 est accouplé à la tige de commande 40 par les moyens d'accrochage 42, la vanne 38 peut être commandée en exerçant des efforts de traction sur le câble 32, puis en relâchant

ce câble.

L'ensemble de fond de puits 28 va à présent être décrit plus en détail en se référant aux figures 2 à 4.

Cet ensemble 28 comprend une enveloppe extérieure tubulaire 44 qui, dans l'exemple de réalisation représenté, est fixée directement, de façon étanche, dans le prolongement de l'extrémité inférieure de la colonne de production 16, en dessous de la garniture d'étanchéité 20. Comme l'illustre la figure 3, la vanne 38 d'obturation du puits comprend des orifices latéraux 46 d'entrée de fluide formés directement dans l'enveloppe extérieure tubulaire 44. La vanne 38 comporte de plus un organe obturateur 48 apte à coulisser de façon étanche à l'intérieur de l'enveloppe 44 entre une position haute de fermeture illustrée sur la figure 3, dans laquelle cet obturateur obture les orifices 46 et une position basse d'ouverture, dans laquelle les orifices 46 sont dégagés. Ces positions sont déterminées par la venue en appui de l'organe obturateur 48 contre des épaulements 49 prévus à cet effet à l'intérieur de l'enveloppe extérieure tubulaire 44. Lorsque l'organe obturateur 48 occupe sa position haute d'obturation illustrée sur la figure 3, des joints d'étanchéité 50 et 52 montés sur des gorges formées sur sa surface extérieure sont en contact étanche avec la surface intérieure de l'enveloppe extérieure tubulaire 44, respectivement au-dessus et en dessous des orifices 46.

Afin d'éviter que le joint d'étanchéité supérieur 50 ne soit arraché par la pression élevée régnant dans le puits lorsque ce joint passe devant les orifices latéraux 46 au moment de l'ouverture de la vanne 38, l'organe obturateur 48 est entouré par un manchon coulissant 52 qui se trouve en face des orifices 46 lorsque l'organe obturateur 48 occupe sa position haute de ferme-

ture. Dans cette position haute du manchon coulissant 52, des billes de verrouillage 54 logées dans des passages radiaux formés dans le manchon 52 sont alors maintenues par la surface extérieure de l'organe obturateur 48 dans une gorge 55 formée dans la surface intérieure de l'enveloppe extérieure tubulaire 44.

Lorsque l'organe obturateur 48 redescend vers sa position d'ouverture, le joint d'étanchéité 50 vient d'abord se placer à l'intérieur du manchon coulissant 52. L'organe obturateur 48 arrive ensuite en appui contre un épaulement 53 du manchon coulissant 52. Au même moment, une gorge 57 formée sur la surface extérieure de l'organe obturateur 48 se trouve en face des billes 54, de telle sorte que ces dernières peuvent s'effacer vers l'intérieur et permettent à l'organe obturateur 48 d'entraîner dans la suite de son déplacement vers le bas le manchon coulissant 52, jusqu'à ce que les orifices latéraux 46 soient complètement dégagés à la fois par l'organe obturateur 48 et par le manchon coulissant 52.

Afin que la surface intérieure de l'enveloppe extérieure tubulaire 44 ne soit pas endommagée immédiatement au-dessus des orifices latéraux 46 et garantisse l'étanchéité avec le joint 50 lorsque la vanne 38 est fermée, dès que l'organe obturateur 48 s'efface vers le bas lors de l'ouverture de la vanne, un tube coulissant 56 est placé à l'intérieur de l'enveloppe 44, immédiatement au-dessus de l'organe obturateur 48. Ce tube 56 est appliqué contre la face supérieure de l'organe obturateur 48 par un ressort hélicoïdal de compression 58 (figure 2) prenant appui à son extrémité haute par l'intermédiaire d'une coupelle 59, sur un épaulement formé à l'intérieur de l'enveloppe 44. Ainsi, le tube coulissant 56 recouvre la surface intérieure de l'enveloppe 44, immédiatement au-dessus des orifices 46, lors de l'ouverture de la vanne 38.

Lorsque la vanne 38 est ouverte, le fluide pétrolier présent au fond du puits pénètre directement à l'intérieur de l'enveloppe extérieure tubulaire 44 par les orifices 46, dans un espace annulaire de grande section formé au-dessus de l'organe obturateur 48, entre l'enveloppe 44 et la partie supérieure de la tige centrale de commande 40 qui fait saillie vers le haut à partir de cet organe obturateur.

Afin que tout effort de traction ou de compression exercé sur la tige centrale de commande 40 soit amplifié avant d'être transmis à l'organe obturateur 48, la transmission de cet effort est faite par l'intermédiaire de deux vérins hydrauliques concentriques de section différente qui sont logés à l'intérieur de l'enveloppe 44, en dessous de la vanne d'obturation du puits 38. A cet effet, la tige centrale de commande 40 traverse l'organe obturateur 48 selon l'axe de l'enveloppe extérieure 44, de façon à pouvoir coulisser librement à l'intérieur de l'organe obturateur 48. L'étanchéité de cette traversée est obtenue au moyen d'un joint d'étanchéité torique 60 qui est logé dans une gorge formée à l'intérieur de l'organe obturateur 48 et en contact étanche avec la surface extérieure de la tige centrale de commande 40.

En dessous de l'organe obturateur 48, la tige 40 comporte une partie de plus grand diamètre formant un piston 62 apte à coulisser de façon étanche dans un cylindre 64 disposé coaxialement autour de la tige de commande 40 et solidarisé de l'organe obturateur 48. L'étanchéité du coulissement du piston 62 dans le cylindre 64 est obtenue au moyen d'un joint d'étanchéité 66 logé dans une gorge formée sur la surface extérieure du piston 62 et en contact étanche avec la surface intérieure du cylindre 64. L'ensemble constitué par le cylindre 64 et le piston 62 constitue un vérin hydraulique inté-

rieur comportant, de part et d'autre du piston 62, une chambre supérieure 68 et une chambre inférieure 70 remplies de fluide hydraulique.

L'étanchéité vers le haut de la chambre supérieure 68 est réalisée au moyen du joint 60 précédemment décrit. L'étanchéité vers le bas de la chambre 70 est réalisée au moyen d'un joint d'étanchéité annulaire 86 monté dans une gorge formée à l'intérieur d'une pièce cylindrique 88 solidarisée du cylindre 64 en dessous des deux vérins concentriques, ce joint 86 étant en contact étanche avec la surface extérieure de la tige centrale de commande 40.

Sur sa surface extérieure, le cylindre 64 comporte une partie de plus grand diamètre formant un piston 72 apte à coulisser de façon étanche dans un cylindre défini par un alésage 74 formé dans l'enveloppe extérieure tubulaire 44. L'étanchéité du coulisserment du piston 72 dans l'alésage 74 est obtenue au moyen d'un joint d'étanchéité annulaire 76 monté dans une gorge formée sur la surface extérieure du piston 72 et en contact étanche avec la surface intérieure de l'alésage 74. Le cylindre défini par l'alésage 74 et le piston 72 constituent ainsi un vérin hydraulique extérieur délimitant, de part et d'autre du piston 72, une chambre supérieure 78 et une chambre inférieure 80 remplies toutes deux de fluide hydraulique.

L'étanchéité vers le haut de la chambre supérieure 78 du vérin extérieur est assurée au moyen d'un joint d'étanchéité annulaire 90 logé dans une gorge formée sur la surface extérieure du cylindre 64 et en contact étanche avec la surface intérieure de l'enveloppe 44. Enfin, l'étanchéité vers le bas de la chambre inférieure 80 du vérin extérieur est réalisée au moyen d'un joint d'étanchéité annulaire 92 logé dans une gorge formée à l'intérieur de l'enveloppe 44 et coopérant de façon

étanche avec la surface extérieure du cylindre 64.

Les chambres supérieures 68 et 78 des vérins intérieur et extérieur ainsi formés communiquent entre elles par des trous 82 formés dans le cylindre 64 du vérin intérieur. De façon comparable, les chambres inférieures 70 et 80 des vérins intérieur et extérieur communiquent entre elles par des trous 84 formés dans le cylindre 64 du vérin intérieur.

La section du piston 72 du vérin hydraulique extérieur est supérieure à la section du piston 62 du vérin hydraulique intérieur, de telle sorte que l'ensemble formé par les deux vérins concentriques permet d'amplifier, dans un rapport égal au rapport des sections, tout effort exercé axialement sur la tige de commande 40 de la vanne. Le rapport d'amplification choisi correspond à un compromis entre l'effort de traction maximum que l'on désire avoir à exercer sur le câble 32 servant à commander la tige 40 et la longueur de l'ensemble de fond de puits 28, sachant que toute augmentation du rapport d'amplification conduit à une augmentation de cette longueur.

Comme le montre la figure 4, l'enveloppe extérieure tubulaire 44 de l'ensemble 28 de fond de puits est fermée à son extrémité inférieure et sert à loger, à proximité de cette extrémité, un embout 94 que traverse de façon étanche l'extrémité inférieure de la tige centrale de commande 40. Un ressort de rappel 96 constitué par un ressort hélicoïdal de compression prend appui par son extrémité inférieure sur l'embout 94. L'extrémité supérieure de ce ressort 96 est en appui sur une pièce en forme de coupelle 98 qui coulisse librement à l'intérieur de l'enveloppe extérieure 44. A son extrémité supérieure, cette pièce 98 en forme de coupelle prend elle-même appui contre l'extrémité inférieure d'une douille de programmation 100 dont la fonction sera décrite en

détail par la suite. Cette douille de programmation 100 est fixée de façon démontable à l'extrémité inférieure de la pièce cylindrique 88 par un dispositif de fixation 102. Ce dispositif 102 peut notamment être constitué par deux demi-colliers pénétrant dans des gorges formées dans les extrémités adjacentes de la pièce 88 et de la douille 100 et reliés entre eux par exemple au moyen de vis (non représentées).

Dans l'agencement qui vient d'être décrit, le ressort de rappel 96 prenant appui dans le fond de l'enveloppe 44 par l'intermédiaire de l'embout 94 a pour effet de maintenir normalement la vanne 38 dans sa position fermée illustrée sur la figure 3, par l'intermédiaire de la pièce 98 en forme de coupelle, de la douille de programmation 100, de la pièce cylindrique 88 et du cylindre 64 solidaire de l'organe obturateur 48.

Les figures 5 et 6, qui ont été volontairement simplifiées et sur lesquelles le diamètre a été volontairement augmenté par rapport à la longueur, illustrent très schématiquement le principe de commande de la vanne 28 à partir de la tige centrale de commande 40, compte tenu de la présence du ressort de rappel 96 et des vérins hydrauliques concentriques dans la chaîne cinématique reliant la tige 40 à l'organe obturateur 48 de la vanne.

Sur la figure 5, on voit que lorsqu'aucun effort n'est exercé sur la tige centrale de commande 40, l'organe obturateur 48 de la vanne 28 est maintenu normalement dans sa position haute de fermeture des orifices latéraux 46, sous l'action du ressort de rappel 96. Le piston 72 du vérin extérieur occupe alors une position haute puisqu'il est solidaire de l'organe obturateur 48. Par conséquent, le piston 62 du vérin intérieur occupe au contraire une position basse étant donné que la majeure partie du fluide hydraulique contenu dans les chambres supérieures communicantes 78 et 68 des deux vérins se

trouve alors pratiquement dans la chambre supérieure 68 du vérin intérieur. La tige centrale de commande 40 qui porte le piston 62 est elle-même en position basse.

Comme le montre la figure 6, lorsqu'un effort de traction suffisant pour vaincre l'action conjointe du ressort 96 et des forces de frottement élevées dues à la forte pression hydrostatique régnant dans le puits, est exercé vers le haut sur la tige centrale de commande 40, le piston 62 du vérin intérieur remonte dans le cylindre 64. Ce mouvement du piston 62 a pour effet de chasser du fluide hydraulique de la chambre supérieure 68 dans la chambre supérieure 78, au travers des trous 82. Simultanément, le fluide hydraulique présent dans la chambre inférieure 80 est chassé vers la chambre inférieure 70 au travers des trous 84. Le déplacement vers le haut de la tige centrale de commande 40 entraîne donc un déplacement vers le bas, de moindre amplitude, de l'organe obturateur 48 à l'encontre de l'action du ressort de rappel 96. La force exercée par ce dernier étant choisie pour garantir un déplacement vers le haut de l'organe obturateur 48 dans toutes les conditions d'utilisation de l'appareil lorsqu'aucun effort de traction n'est exercé sur la tige centrale de commande 40, il est possible, en donnant au rapport d'amplification déterminé par les sections respectives des deux vérins hydrauliques concentriques une valeur appropriée, de maintenir par construction la force de traction à exercer sur la tige 40 pour commander la manoeuvre de la vanne en dessous d'un seuil prédéterminé évitant tout risque de rupture du câble 32.

Dans le mode de réalisation représenté, comme le montre notamment la figure 3, les chambres supérieures 68 et 78 des deux vérins concentriques communiquent de plus avec une chambre 104 de compensation de température et d'égalisation de pressions à volume variable constituée

par un alésage d'axe parallèle à l'axe de l'enveloppe extérieure 44, usiné dans cette dernière et débouchant directement dans la chambre supérieure 78 du vérin extérieur. Cette chambre 104 de compensation de température et d'égalisation de pressions est limitée vers le haut par un piston 106 apte à coulisser de façon étanche à l'intérieur de l'alésage et dont le recul maximum vers le haut est limité par une butée 108.

De façon comparable, les chambres inférieures communicantes 70 et 80 des deux vérins concentriques communiquent également avec une chambre 110 de compensation de température et d'égalisation de pressions à volume variable, constituée par un alésage d'axe parallèle à l'axe de la pièce cylindrique 88, formé dans cette dernière et débouchant directement dans la chambre inférieure 70 du vérin intérieur. La chambre 110 de compensation de température et d'égalisation de pression est limitée vers le bas par un piston 112 apte à coulisser de façon étanche dans cet alésage et dont la course vers le bas est limitée par les deux demi-colliers 102 servant à fixer la douille de programmation 100 sur la pièce cylindrique 88.

Les chambres de compensation de température et d'égalisation de pressions 104 et 110 à volume variable permettent de rendre la vanne 38 insensible à des variations de la température régnant à l'intérieur du puits et maintiennent tous les points du système hydraulique en équipression.

Lorsque des essais sont effectués et que l'ensemble de mesure 30 est accouplé à la tige centrale de commande 40 par les moyens d'accrochage 42, des mesures de la pression régnant dans le fond du puits doivent pouvoir être effectuées par le capteur de pression 36 que la vanne 38 soit ouverte ou fermée. Pour cette raison, la tige centrale de commande 40 est traversée sur la ma-

jeure partie de sa longueur par un passage axial 114. A son extrémité inférieure, ce passage 114 débouche dans une chambre annulaire 116 formée dans l'embout 94. Cette chambre 116 est délimitée vers le haut et vers le bas par deux joints d'étanchéité annulaires 118 logés dans des gorges formées à l'intérieur de l'embout 94 et qui sont en contact étanche avec la surface extérieure de la tige centrale de commande 40. La longueur de la chambre annulaire 116 est telle que le passage 114 débouche dans cette chambre quelle que soit la position axiale occupée par la tige centrale de commande 40 à l'intérieur de l'embout 94. La chambre 116 communique avec l'extérieur par un passage radial 120 traversant à la fois l'embout 94 et l'enveloppe extérieure 44. Des joints d'étanchéité annulaires 122 sont placés entre l'embout 94 et l'enveloppe 44, de part et d'autre de ce passage 120, pour assurer l'étanchéité.

Comme l'illustre la figure 2, à son extrémité supérieure, le passage axial 114 débouche radialement à l'extérieur de la tige centrale de commande 40 entre deux joints d'étanchéité annulaires 124 qui sont montés dans des gorges formées sur la surface extérieure de la tige. La partie correspondante de la tige centrale de commande 40, qui est située au-dessus de la vanne 38, est entourée par un manchon coulissant 126 apte à se déplacer entre une position haute et une position basse.

Comme l'illustre la figure 2, lorsque l'ensemble de mesure amovible 30 est accouplé à la tige centrale de commande 40 par les moyens d'accrochage 42 le manchon coulissant 126 occupe sa position basse. Dans cette position basse, des trous 128 traversant le manchon coulissant 126 débouchent entre les joints 124 et communiquent par conséquent avec le passage axial 144 formé dans la tige centrale de commande 40.

Au contraire, lorsque l'ensemble de mesure

n'est pas accouplé à la tige centrale de commande 40 par les moyens d'accrochage 42, le manchon coulissant 126 occupe sa position haute. Les trous 128 formés dans le manchon 126 débouchent alors entre le joint 124 le plus haut et un joint 130 également monté dans une gorge formée sur la tige centrale de commande 40 et en contact étanche avec la surface intérieure du manchon coulissant 126. Le passage axial 114 est alors obturé.

Le manchon coulissant 126 forme ainsi une valve normalement fermée lorsque l'ensemble de mesure 30 n'est pas présent, et qui permet, lors de l'accouplement de ce dernier sur la tige centrale de commande 40, de mettre en communication les différents capteurs de l'ensemble de mesure 30 avec le fluide présent au fond du puits en dessous de la garniture d'étanchéité 20.

Dans sa partie supérieure, le manchon coulissant 126 comprend des doigts élastiques 132 qui sont en permanence en appui contre la surface extérieure de la tige centrale de commande 40. A leurs extrémités supérieures, ces doigts élastiques 132 portent des parties plus épaisses 134 qui sont plaquées dans une gorge 135 formée sur la surface extérieure de la tige centrale de commande 40 lorsque l'ensemble de fond de puits 28 est installé dans le puits. Dans ces conditions et comme l'illustre en particulier la figure 10A, le manchon 126 est en position haute, de telle sorte que le passage axial 114 est obturé.

A son extrémité inférieure et comme l'illustrent notamment les figures 2 et 10A, l'ensemble de mesure 30 comporte un prolongement tubulaire 136 apte à venir coiffer l'extrémité supérieure de la tige centrale de commande 40. Ce prolongement tubulaire 136 comporte sur sa surface intérieure un épaulement 138 apte à venir en appui contre un épaulement correspondant 139 formé sur la surface extérieure du manchon coulissant 126, dans

la position illustrée sur la figure 10B. Les extrémités plus épaisses 134 des doigts élastiques 132 se trouvent alors en face d'une gorge 140 formée à l'intérieur du prolongement tubulaire 136. Par conséquent, lorsque la descente du prolongement tubulaire 136 se poursuit, celui-ci entraîne avec lui le manchon coulissant 126, qui descend sur la tige centrale de commande 40, jusqu'à la position illustrée sur la figure 10C. Les trous 128 formés dans le manchon coulissant 126 communiquent alors avec le passage central 144 formé dans la tige 40.

Lorsque le prolongement tubulaire 136 vient en butée contre le manchon coulissant 126 comme l'illustre la figure 10B, un passage 142 formé dans ce prolongement tubulaire débouche en face des trous 128 du manchon 126, entre deux joints d'étanchéité 144 montés dans des gorges réalisées à l'intérieur du prolongement tubulaire 136 et en contact étanche avec la surface extérieure du manchon 126. Par conséquent, dès que le prolongement tubulaire 136 et le manchon coulissant 126 descendent suffisamment pour que les trous 128 débouchent entre les joints 124 portés par la tige centrale de commande 40, le fluide qui se trouve dans le fond du puits en dessous de la garniture d'étanchéité 20 est acheminé jusqu'aux capteurs logés dans l'ensemble de mesure 30.

Il est à noter que l'écartement entre les joints 124 portés par la tige centrale de commande 40 est tel que la valve comprenant le manchon coulissant 126 est ouverte aussi bien lorsque ce manchon occupe la position basse illustrée sur la figure 10C que lorsqu'il occupe une position intermédiaire entre celle des figures 10B et 10C. Cette configuration permet, comme on le verra ultérieurement, d'effectuer des mesures dès que les moyens d'accrochage 42 sont en prise, que la vanne 38 soit ouverte ou fermée.

Les différents éléments constituant les moyens

d'accrochage 42 vont à présent être décrits en détail en se référant tout d'abord aux figures 2 et 7.

Au voisinage immédiat de son extrémité supérieure, la tige centrale de commande 40 comporte une partie 40a de plus petit diamètre, délimitée à chacune de ses extrémités par un épaulement. Sur cette partie 40a sont montées trois bagues adjacentes comportant une bague supérieure 146, une bague intermédiaire 148 et une bague inférieure 150. En outre, un ressort hélicoïdal de compression 152 est interposé entre la bague inférieure 150 et l'épaulement délimitant vers le bas la partie 40a de la tige 40. Les bagues supérieure 146 et intermédiaire 148 sont montées de façon rotative sur la partie 40a, ainsi que la bague inférieure 150.

Comme l'illustre la figure 7, la bague supérieure 146 porte sur sa face inférieure une denture inclinée 154 qui est normalement engrénée dans une denture inclinée complémentaire 156 formée sur la face supérieure de la bague intermédiaire 148 sous l'action du ressort 152. Ces dentures 154 et 156, qui présentent toutes deux la forme d'une couronne dentée, définissent un premier embrayage unidirectionnel 157 autorisant une rotation de la bague supérieure 146 dans le sens de la flèche F1, par rapport à la bague intermédiaire, tout en interdisant toute rotation relative en sens inverse.

De façon comparable, la bague intermédiaire 148 porte sur sa face inférieure une denture inclinée 158 qui est normalement engrénée dans une denture inclinée complémentaire 160 formée sur la face supérieure de la bague inférieure 150, sous l'action du ressort de compression 152. Les dentures 158 et 160, également en forme de couronnes dentées, définissent un deuxième embrayage unidirectionnel 161, orienté en sens inverse par rapport au premier embrayage unidirectionnel 157. Ainsi, le deuxième embrayage unidirectionnel 161 autorise une

rotation de la bague intermédiaire 148 dans le sens de la flèche F2 opposé à celui de la flèche F1, par rapport à la bague inférieure 150, tout en interdisant toute rotation relative en sens inverse entre les bagues 148 et 150.

Par ailleurs, Les dentures 154, 156, 158 et 160 sont toutes identiques et formées d'un même nombre  $n$  de dents. Ce nombre  $n$  des dents de chacune des dentures détermine le pas de la rotation relative autorisée par les embrayages unidirectionnels 157 et 161, respectivement dans le sens des flèches F1 et F2. Ce pas correspond à une fraction égale à  $1/n$ ème de tour. Ainsi, si chacune des dentures 154, 156, 158 et 160 est formée de dix dents comme l'illustre la figure 7, ce pas correspond à un dixième de tour.

Sur sa surface extérieure cylindrique, la bague supérieure 146 comporte deux rainures 162 diamétralement opposées qui débouchent à chacune des extrémités de la bague. L'extrémité supérieure de chacune des rainures 162 est légèrement évasée et elle est décalée angulairement par rapport à l'extrémité inférieure de cette même rainure d'une fraction de tour égale au pas  $1/n$  défini par les embrayages unidirectionnels. Dans l'exemple représenté où ce pas est égal à un dixième de tour, les extrémités supérieure et inférieure de chacune des rainures 162 sont donc décalées angulairement d'un dixième de tour. De plus, l'extrémité supérieure de chacune des rainures 162 est décalée dans le sens de la flèche F1 par rapport à son extrémité inférieure.

Sur sa surface extérieure cylindrique, la bague intermédiaire 148 comporte également deux rainures 164 diamétralement opposées et débouchant à chacune de leurs extrémités. Ces rainures 164 sont rectilignes et disposées selon deux génératrices de la surface extérieure cylindrique de la bague intermédiaire 148.

La bague inférieure 150 comporte également sur sa surface extérieure cylindrique deux rainures 166 diamétralement opposées et débouchant seulement à l'extrémité supérieure de cette bague. Ces rainures 166 sont également rectilignes et disposées selon deux génératrices de la surface extérieure de la bague inférieure 150.

Les rainures 162, 164 et 166 formées respectivement sur les bagues 146, 148 et 150 présentent toutes la même largeur et la même profondeur.

L'ensemble formé par les trois bagues 146, 148 et 150 et par le ressort de compression 152 montés sur la tige centrale de commande 40 de l'ensemble 28 de fond de puits constitue une première partie des moyens d'accrochage 42. Pour coopérer avec cette première partie des moyens d'accrochage, le prolongement tubulaire 136 de l'ensemble de mesure 30 est équipé intérieurement de deux paires de pions inférieurs 168 et supérieurs 170 aptes à pénétrer dans les rainures 162, 164 et 166, comme l'illustrent les figures 10A à 10C.

Plus précisément, la paire de pions inférieurs est formée de deux pions 168 diamétralement opposés qui font saillie vers l'intérieur dans le prolongement tubulaire 136 et se trouvent approximativement au niveau de la bague intermédiaire 148 lorsque l'épaulement intérieur 138 du prolongement tubulaire 136 vient en appui contre l'épaulement complémentaire 139 formé sur le manchon coulissant 126, comme l'illustre la figure 10B.

La paire de pions supérieurs est également formée de deux pions 170 diamétralement opposés et faisant saillie à l'intérieur du prolongement tubulaire 136. Ces deux pions 170 sont placés à un niveau supérieur à celui des pions 168, de telle sorte qu'ils se trouvent situés juste au-dessus de la face supérieure de la bague supérieure 146 lorsque les pions 168 se trouvent au ni-

veau de la bague intermédiaire 148 comme l'illustre la figure 10B.

De plus, les deux pions supérieurs 170 sont décalés angulairement par rapport aux pions inférieurs 168 d'une valeur égale au pas  $1/n$  défini par les embrayages unidirectionnels 157 et 161. De plus, le décalage angulaire des pions supérieurs 170 par rapport aux pions inférieurs 168 est réalisé dans le sens de la flèche F1, c'est-à-dire dans le même sens que le décalage angulaire entre les extrémités supérieures et inférieures des rainures 162.

Le fonctionnement des moyens d'accrochage 42 qui viennent d'être décrits va à présent être expliqué en se référant aux figures schématiques 8A à 8D et 9A à 9D.

Initialement, lorsque l'ensemble de fond de puits 28 est placé dans le puits à l'extrémité inférieure de la colonne de production 16, les rainures 162, 164 et 166 formées respectivement sur les bagues 146, 148 et 150 sont alignées. Quand l'ensemble de mesure 30 est descendu dans le puits, le prolongement tubulaire 136 vient coiffer l'extrémité supérieure de la tige centrale de commande 40. Comme l'indique la flèche FA, les pions inférieurs 168 pénètrent donc par gravité dans les rainures 162 puis dans les rainures 164. Les pions supérieurs 170 se trouvent alors en face des parties supérieures des rainures 162, puisque le décalage angulaire entre les pions 170 et 168 correspond au décalage angulaire entre les extrémités supérieures et inférieures des rainures 162. Par conséquent, comme l'illustre la figure 8A, lorsque les pions inférieurs 168 commencent à pénétrer dans les rainures 166 de la bague inférieure, les pions supérieurs commencent également à pénétrer dans les rainures 162 de la bague supérieure.

Lorsque la descente de l'ensemble de mesure

30 se poursuit par gravité, l'inclinaison des rainures 162 combinée au décalage angulaire existant entre les pions 170 et 168 a pour effet de faire tourner la bague supérieure 146 dans le sens de la flèche F1 par rapport aux bagues intermédiaire 148 et inférieure 150, ce qui est rendu possible par l'action combinée des embrayages unidirectionnels 157 et 161. Comme l'illustre la figure 8B, cette rotation atteint le pas  $1/n$  lorsque les pions 168 se trouvent dans le bas des rainures 166, puisque les pions 170 se trouvent alors dans le bas des rainures 162.

Si l'on exerce alors un effort de traction sur le câble 32, on voit sur la figure 8C que lorsque les pions inférieurs 168 arrivent dans le haut des rainures 166 de la bague inférieure 150, les pions supérieurs 170 arrivent à nouveau dans le haut des rainures 162 de la bague supérieure 146. Par conséquent, la bague supérieure 146 tourne du pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F2 opposé à celui de la flèche F1. Au cours de ce mouvement, la bague supérieure 146 entraîne dans sa rotation la bague intermédiaire 148, sous l'action de l'embrayage unidirectionnel 157, alors qu'au contraire la bague intermédiaire 148 tourne librement par rapport à la bague inférieure 150, compte tenu de l'embrayage unidirectionnel 161. A la fin de ce mouvement, les extrémités inférieures des rainures 162 de la bague supérieure 146 sont à nouveau alignées avec les rainures 166 de la bague inférieure 150, mais les rainures 164 de la bague intermédiaire 148 sont décalées du pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F2. Par conséquent, les pions inférieurs 168 viennent en appui sur la face inférieure de la bague intermédiaire 148, de sorte que, si un effort de traction suffisant pour commander l'ouverture de la vanne 38 est exercé sur le câble 32, comme l'illustre la flèche FB sur la figure 8C, ce effort est transmis intégralement à la tige cen-

trale de commande 40 de la vanne 38.

Comme l'illustre la figure 8, lorsque l'effort de traction exercé sur le câble 32 est ensuite relâché, l'ensemble de mesure redescend par gravité (flèche FA) jusqu'à ce que les pions inférieurs 168 viennent à nouveau prendre appui sur les extrémités inférieures des rainures 166 de la bague inférieure 150. Ce mouvement s'accompagne d'une nouvelle rotation de la bague supérieure 146 dans le sens de la flèche F1 par rapport à la bague intermédiaire 148 et à la bague inférieure 150.

Une nouvelle traction exercée sur le câble a au contraire pour effet de faire tourner ensemble la bague supérieure 146 et la bague intermédiaire 148 dans le sens de la flèche F2 par rapport à la bague inférieure 150. Dans ces conditions, les extrémités inférieures des rainures 162 sont à nouveau alignées avec les rainures 166, alors que les rainures 164 de la bague intermédiaire 148 sont décalées de deux fois le pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F2.

Ainsi, on comprend qu'à chaque fois qu'on assure successivement un relâchement de l'effort de traction exercé sur le câble 32, puis un effort de traction sur ce même câble, on fait tourner du pas  $1/n$  la bague intermédiaire 148 dans le sens de la flèche F2 par rapport à la bague supérieure 146 et à la bague inférieure 150.

On arrive ainsi, au bout d'un certain nombre de cycles relâchement/traction, à la position illustrée sur la figure 9A, dans laquelle les rainures 164 de la bague intermédiaire 148 sont décalées d'un pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F1 par rapport à l'extrémité inférieure des rainures 162 et aux rainures 166, lorsqu'un effort de traction illustré par la flèche FB est exercé sur le câble 32. Dans l'exemple représenté où chacune des dentures 154, 156, 158 et 160 est formée de dix dents, cette situation se produit au bout de cinq cycles

relâchement/traction, puisque chacune des bagues 146, 148 et 150 comporte deux rainures 162, 164 et 166, respectivement.

Dans ces conditions, lorsque l'effort de traction est à nouveau relâché (flèche FA sur la figure 9B), la bague supérieure 146 tourne une nouvelle fois d'un pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F1 par rapport à la bague intermédiaire 148, qui reste immobile par rapport à la bague inférieure 150. Les rainures 164 de la bague intermédiaire 148 se retrouvent donc dans l'alignement des extrémités inférieures des rainures 162 comme l'illustre la figure 9B. Par conséquent, si un nouvel effort de traction FB est exercé sur le câble 32, la remontée des pions 168 et 170 s'accompagne d'une rotation conjointe de la bague supérieure 146 et de la bague intermédiaire 148 d'un pas  $1/n$  dans le sens de la flèche F2 par rapport à la bague inférieure 150. Il en résulte que les rainures 164 et 166 se retrouvent alignées entre elles et avec les extrémités inférieures des rainures 162, comme le montre la figure 9C.

Si l'effort de traction FB est poursuivi, les pions 168 et 170 peuvent alors être sortis complètement des rainures et l'ensemble de mesure 30 est désaccouplé de la tige centrale de commande 40 comme l'illustre la figure 9D. Il est alors possible de remonter en surface l'ensemble de mesure 30.

Cependant, si les essais ne sont pas terminés, les pions 168 et 170 peuvent rester engagés dans les rainures des bagues 146, 148 et 150, dans la position de la figure 9C. En effet, comme cette position est identique à celle de la figure 8A, un nouveau cycle d'essai peut être entamé.

La description qui précède fait apparaître que les moyens d'accrochage 42 peuvent occuper, lorsqu'ils sont en prise, soit des états d'accrochage dans lesquels

un effort de traction exercé sur le câble 32 est transmis à la tige centrale de commande 40 de la vanne 38, soit des états de décrochage dans lesquels l'application d'un effort de traction sur le câble 32 a seulement pour effet de remonter l'ensemble de mesure 30. Les moyens d'accrochage 42 définissent ainsi un cycle d'états successifs composé de  $n/2-1$  états d'accrochage successifs ( $n$  étant le nombre de dents des dentures 154, 156, 158 et 160) et de un état de décrochage, le passage d'un état à l'état suivant de ce cycle étant obtenu automatiquement par l'application d'un nouvel effort de traction sur le câble 32, après un relâchement de ce dernier. Sur les figures 8A à 8D et 9A à 9D, deux des quatre états d'accrochage successifs du cycle défini par l'exemple représenté sont illustrés par les figures 8C et 9A, alors que la figure 9C illustre l'état de décrochage.

Par ailleurs, dès que les pions inférieurs 168 se trouvent dans les rainures 166 de la bague inférieure 150, le passage axial 114 formé dans la tige centrale de commande 40 communique avec les trous 128 formés dans le manchon coulissant 126 (figure 10C). Par conséquent, le fluide présent dans le fond du puits est acheminé jusqu'aux capteurs de l'ensemble de mesure 30, qu'un effort de traction soit ou non exercé sur le câble 32, c'est-à-dire indépendamment de la position occupée par la vanne 38.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, l'effort de traction qui doit être exercé sur le câble 32 pour commander l'ouverture de la vanne 38 d'obturation du puits est sensiblement supérieur à l'effort de traction permettant de commander le changement d'état des moyens d'accrochage 42. En effet, l'effort de traction FB qui doit être exercé sur le câble 32 pour faire tourner d'une dent la bague intermédiaire 148 par rapport aux bagues supérieure 146 et inférieure 150, tel

qu'illustré sur les figures 8C et 9A, doit simplement vaincre les forces de pesanteur exercées sur l'ensemble de mesure 30. Au contraire, l'effort de traction qui doit être exercé sur le câble 32 pour commander l'ouverture de la vanne 38 doit vaincre à la fois les forces de pesanteur exercées par l'ensemble de mesure 30 accouplé à la tige centrale de commande 40, la précontrainte emmagasinée dans le ressort de rappel 96 et les forces de frottement résultant de la pression hydrostatique élevée régnant au fond du puits.

Comme on l'a vu auparavant, l'effort de traction nécessaire à l'actionnement de la vanne présente une valeur qui peut être limitée, notamment grâce à la présence des vérins amplificateurs d'efforts qui sont interposés entre la tige centrale de commande 40 et l'organe obturateur 48 de la vanne. Cette valeur peut donc être suffisamment basse pour éviter tout risque de rupture du câble 32. Etant donné que la valeur de l'effort de traction commandant un changement d'état des moyens d'accrochage 42 est plus faible, l'effort de traction maximal exercé sur le câble est donc parfaitement maîtrisé.

De plus, lorsque les essais sont terminés alors que les moyens d'accrochage se trouvent encore dans l'un de leurs états d'accrochage successifs tels que ceux qui sont illustrés par exemple par la figure 8C et par la figure 9A, cette caractéristique permet d'appliquer sur le câble 32 autant de tractions successives qu'il est nécessaire pour amener les moyens d'accrochage dans l'état de décrochage illustré sur la figure 9C sans commander l'ouverture de la vanne 38.

Par conséquent, l'appareil selon l'invention permet, en une seule descente de l'ensemble de mesure 30, d'effectuer autant d'essais que nécessaire sans pour autant que la vanne 38 d'obturation du puits n'ait à être

manoeuvrée inutilement lorsque ces essais sont terminés. De cette manière, on limite le temps d'immobilisation du puits nécessaire à la réalisation des essais au strict minimum.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures, l'appareil d'essai est conçu de plus de façon à pouvoir être utilisé indifféremment avec la vanne 38 descendue en position ouverte ou fermée, ce qui permet de l'utiliser sans modification dans des puits présentant des caractéristiques très différentes.

Ce résultat est obtenu au moyen de la douille de programmation 100 qui est fixée de façon interchangeable à l'extrémité inférieure de la pièce cylindrique 88 par les deux demi-colliers 102. Il est à noter que ce caractère interchangeable de la douille de programmation est rendu possible par le fait que l'enveloppe extérieure tubulaire 44 est elle-même réalisée en plusieurs parties démontables, contrairement à ce qui est représenté sur les figures pour en faciliter la lecture. En outre, afin d'éviter que la pièce 98 en forme de coupelle ne soit éjectée par le ressort 96 lors du démontage de la douille 100, cette pièce 98 porte intérieurement des pions 99 qui viennent alors en appui contre un épaulement 101 formé à proximité de l'extrémité supérieure de l'embout 94.

Comme l'illustrent les figures 4 et 11, la douille de programmation 100 porte sur sa surface extérieure cylindrique deux rainures 172 identiques et diamétralement opposées qui définissent à l'avance, pour chaque puits testé, un programme d'ouvertures et de fermetures de la vanne 38 d'obturation du puits. Pour permettre la réalisation de ce programme, une bague 174 est montée rotative à l'intérieur de l'enveloppe tubulaire extérieure 44, au niveau de la douille de programmation 100. Cette bague 174 porte deux doigts 176 qui font

saillie radialement vers l'intérieur, de façon à pénétrer dans les rainures 172 de la douille de programmation 100.

Le fonctionnement de l'ensemble de programmation ainsi formé va à présent être décrit en se référant à la figure 11, qui représente une forme possible de l'une des rainures 172.

Si l'on suppose que chaque doigt 176 occupe initialement la position 176-1 illustrée sur la figure 11, dans laquelle il se trouve dans une partie rectiligne 172-1 de la rainure 172 correspondante, débouchant sur la face inférieure de la douille de programmation 100, cela signifie que la douille 100 occupe alors la position haute illustrée sur la figure 4 sous l'action du ressort de rappel 96, de telle sorte que la vanne 38 est fermée.

Lorsqu'un premier effort de traction, suffisant pour commander la manoeuvre de la vanne 38, est exercé sur le câble 32, la douille 100 descend avec l'organe d'obturation 48 de la vanne, de sorte que chaque doigt 176 vient en appui sur un flanc incliné 178-1 de la rainure 172, situé au-dessus de la partie rectiligne 172-1. Par conséquent, la bague 174 tourne et chaque doigt 176 vient se loger dans une partie 172-2 fermée vers le haut, de la rainure 172. Chaque doigt 176 occupe alors la position 176-2 sur la figure 11. Dans ces conditions, la vanne 38 est partiellement ouverte.

Lorsque l'effort de traction exercé sur le câble 32 est relâché, le ressort de rappel 96 ramène l'organe d'obturation 48 vers sa position fermée. Au cours de ce mouvement, chaque doigt 176 vient en contact avec un autre flanc incliné 178-2 de la rainure 172, placé immédiatement en dessous de la partie 172-2. La bague 174 tourne donc à nouveau et chaque doigt 176 pénètre dans une deuxième partie rectiligne 172-3, débouchant vers le bas, de la rainure 172. Chaque doigt 176 occupe alors la position 176-3 sur la figure 11, dans laquelle

La vanne est fermée.

La structure des rainures 172 représentée sur la figure 11 est telle qu'une nouvelle traction exercée sur le câble 32, suivie d'un nouveau relâchement de ce dernier, ont pour effet d'amener à nouveau chaque doigt 176 dans une autre partie 172-4 fermée vers le haut, puis dans une autre partie rectiligne 172-5 ouverte vers le bas. On commande ainsi successivement, une nouvelle ouverture partielle de la vanne (position 176-4 du doigt 176) et une nouvelle fermeture (position 176-5).

Lorsqu'un nouvel effort de traction suffisant pour commander la manoeuvre de la vanne 38 est exercé sur le câble 32, chaque doigt 176 parcourt une partie 172-6, approximativement en forme de C, de la rainure 172, cette partie 172-6 étant fermée vers le haut, en 172-7, à un niveau très supérieur à celui des parties 172-2 et 172-4 de la rainure. Par conséquent, lorsque les doigts 176 occupent la position correspondante, désignée par 176-6 sur la figure 11, la vanne 38 est complètement ouverte.

Lorsque l'effort de traction exercé sur le câble 32 est relâché, chaque doigt 176 vient en appui sur un flanc incliné 178-3 de la rainure 172, et vient se loger dans une partie fermée 172-8 de la rainure, située à un niveau légèrement supérieur à celui des parties 172-2 et 172-4. La position correspondante 176-7 de chaque doigt 176 détermine une ouverture qui reste pratiquement complète de la vanne 38.

Lorsqu'un nouvel effort de traction suffisant pour commander la vanne 38 est exercé sur le câble 32, un flanc incliné 178-4 amène chaque doigt 176 dans une partie 172-9, fermée vers le haut, de la rainure 172, située au même niveau que la partie 172-7. Les doigts 176 occupent alors une position 176-8 dans laquelle la vanne est ouverte.

Enfin, lorsque l'effort exercé sur le câble 32 est à nouveau relâché, chacun des doigts 176 parcourt une autre partie en forme de C 172-10 de la rainure 172, qui le ramène dans la position 176-1.

On comprend aisément qu'en donnant aux rainures 172 des formes différentes et en plaçant initialement les doigts 176 dans des emplacements différents de ces rainures, on peut réaliser des cycles d'ouverture, de fermeture et de semi-ouverture de la vanne totalement différents et descendre la vanne dans le puits en position ouverte ou semi-ouverte.

Pour compléter la description de l'appareil d'essai qui vient d'être décrit, il est indiqué que chacun des joints d'étanchéité de l'ensemble de fond de puits 28 décrit précédemment est agencé de façon à être soumis en permanence, quelle que soit la position occupée par les différents organes constituant cet ensemble, à des pressions équilibrées. Cette caractéristique permet d'éviter que ces joints d'étanchéité ne soient endommagés trop rapidement et autorise le fonctionnement du mécanisme.

Par ailleurs, il est important de noter qu'en plus des avantages précédemment mentionnés, l'appareil d'essai selon l'invention présente une longueur réduite qui en facilite la manutention et le transport, ainsi qu'un faible diamètre qui permet de l'utiliser dans des colonnes de production de petit diamètre. De plus, la structure de la vanne, combinée à la commande de celle-ci par une tige centrale à l'extrémité supérieure de laquelle vient se connecter l'ensemble de mesure, permet de disposer d'une section de passage très grande pour les fluides devant s'écouler vers la surface.

Lorsque l'ensemble de fond de puits 28 est placé à l'extrémité inférieure de la colonne de production 16, en dessous de la garniture d'étanchéité 26, comme

cela a été décrit, l'ensemble de mesure 30 peut être disposé aussi près que possible de la formation 14. Un agencement différent de l'ensemble de fond de puits 28 peut cependant être envisagé dans certains cas particuliers.

On observera par ailleurs que l'équilibrage de l'organe d'obturateur lui permet de supporter indifféremment soit la pression venant du haut (par exemple lors d'un essai du train de tiges), soit la pression venant du bas (lors de la fermeture du puits).

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit à titre d'exemple, mais en couvre toutes les variantes. Ainsi, on observera à titre d'exemple que l'obturation de l'extrémité supérieure du passage central 114 traversant la tige centrale de commande 40 pourrait être obtenue par une valve de structure différente du manchon coulissant 126 décrit.

## REVENDEICATIONS

1. Appareil d'essai de puits de forage comprenant un ensemble de fond de puits (28) prévu pour être fixé de façon étanche dans le bas d'une colonne de production et comportant une vanne d'obturation du puits (38) apte à être actionnée en exerçant un effort de traction sur un organe de commande (40) de cette vanne ; et un ensemble de mesure amovible (30) prévu pour être suspendu à un câble électriquement conducteur (32) et apte à être accouplé à l'organe de commande par des moyens d'accrochage (42), caractérisé par le fait que les moyens d'accrochage (42) occupent successivement des états d'accrochage et de décrochage, selon un cycle prédéterminé, à chaque fois qu'un effort de traction est exercé sur le câble, l'effort de traction qui produit un changement d'état des moyens d'accrochage étant inférieur à l'effort de traction qui assure un actionnement de la vanne d'obturation du puits (38).

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le cycle prédéterminé comporte plusieurs états d'accrochage successifs et un état de décrochage.

3. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que les moyens d'accrochage (42) comprennent une bague intermédiaire (148) montée rotative sur l'organe de commande (40) et comportant au moins une première rainure axiale (164) que peut traverser un pion inférieur (168) porté par l'ensemble de mesure amovible, lorsque la bague intermédiaire est dans une position angulaire telle que ladite première rainure est alignée avec une deuxième rainure axiale (166) formée sur une bague inférieure (150) montée sur l'organe de commande, des moyens de commande de rotation (154, 156, 158, 160, 162, 170) étant prévus pour faire tourner la bague intermédiaire d'une fraction de

tour par rapport à la bague inférieure, à chaque fois qu'un effort de traction est exercé sur le câble.

4. Appareil selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les moyens de commande de rotation comprennent une bague supérieure tournante (146) montée sur l'organe de commande et comportant une troisième rainure (162) ayant des extrémités haute et basse séparées par ladite fraction de tour, et que peut traverser un pion supérieur (170) porté par l'ensemble de mesure amovible et décalé de ladite fraction de tour par rapport au pion inférieur, des embrayages unidirectionnels (154, 156, 158, 160) étant placés entre la bague intermédiaire et chacune des bagues supérieure et inférieure.

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les embrayages unidirectionnels comprennent des dentures complémentaires inclinées (154, 156, 158, 160), des moyens élastiques (152) appliquant les bagues inférieure, intermédiaire et supérieure les unes contre les autres pour assurer un engrènement desdites dentures.

6. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'organe de commande est une tige centrale de commande (40) qui fait saillie vers le haut à partir de la vanne d'obturation du puits (38), dans une enveloppe extérieure tubulaire (44) de l'ensemble de fond de puits (28), la vanne d'obturation du puits (38) comportant des orifices latéraux (46) d'entrée de fluide formés dans l'enveloppe extérieure tubulaire et un organe obturateur (48) coulissant dans ladite enveloppe pour obturer ou dégager les orifices latéraux en réponse à un actionnement de ladite tige centrale.

7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé par le fait que la tige centrale de commande (40) porte un premier piston (62) d'un premier vérin hydraulique.

que comportant un premier cylindre (64) solidaire de l'organe obturateur (48), le premier cylindre (64) portant extérieurement un deuxième piston (72) d'un deuxième vérin hydraulique comportant un deuxième cylindre (74) solidaire de l'enveloppe extérieure tubulaire (44), les chambres des premier et deuxième vérins communiquant deux à deux par des trous (82, 84) formés dans le premier cylindre et la section du deuxième piston étant supérieure à la section du premier piston, pour définir un rapport d'amplification d'effort entre la tige centrale de commande et l'organe obturateur.

8. Appareil selon la revendication 7, caractérisé par le fait que les chambres des premier et deuxième vérins communiquant deux à deux communiquent également avec au moins une chambre de compensation de température et d'égalisation de pressions (104, 110) à volume variable.

9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que la vanne d'obturation du puits (28) comprend de plus des moyens de rappel (96) qui tendent à déplacer l'organe obturateur (48) vers le haut pour obturer lesdits orifices latéraux (46).

10. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé par le fait que des moyens de programmation (100, 174) sont placés entre l'organe obturateur (48) et l'enveloppe extérieure tubulaire (44), afin de définir une position d'attente de la vanne d'obturation du puits (38) lorsque les moyens d'accrochage ne sont pas accouplés, et des positions successives de la vanne lorsque les moyens d'accrochage sont accouplés et que le câble est soumis à des mouvements de traction et de relâchement successifs.

11. Appareil selon la revendication 10, caractérisé par le fait que les moyens de programmation

comprennent une bague (174) montée rotative à l'intérieur de l'enveloppe tubulaire extérieure (44) et portant au moins un doigt (176) qui fait saillie dans des rainures de programmation (172) formées sur une douille de programmation (100) fixée sur l'organe obturateur tubulaire.

12. Appareil selon la revendication 11, caractérisé par le fait que ladite douille (100) est fixée sur l'organe obturateur tubulaire (48) par des moyens de fixation démontables (102).

13. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé par le fait que la tige centrale de commande (40) présente un passage axial (114) dont l'extrémité inférieure communique en permanence avec l'extérieur de l'appareil par au moins un passage radial (120) formé dans l'enveloppe tubulaire (44), et dont l'extrémité supérieure est contrôlée par une valve (126) normalement fermée lorsque les moyens d'accrochage (42) ne sont pas en prise, cette valve étant ouverte lorsque les moyens d'accrochage sont en prise, quel que soit l'état de ces moyens d'accrochage.

14. Appareil selon la revendication 13, caractérisé par le fait que ladite valve comprend un manchon coulissant (126) monté sur l'extrémité supérieure de la tige centrale de commande (40), ce manchon coulissant étant traversé par au moins un trou (128) en face duquel débouche ledit passage axial (114) lorsque la valve est en position ouverte, l'ensemble de mesure amovible (30) comportant des moyens de commande de déplacement (138, 140) dudit manchon sur la tige centrale de commande (40) agissant simultanément avec lesdits moyens d'accrochage (42).

15. Procédé pour réaliser des essais de puits de forage, caractérisé par le fait qu'il consiste à :  
- fixer de façon étanche, dans le bas d'une colonne de

production, un ensemble de fond de puits (28) comportant une vanne d'obturation du puits (38) ;

- descendre dans la colonne de production un ensemble de mesure amovible (30) suspendu à un câble électriquement conducteur (32), jusqu'à ce que cet ensemble de mesure coopère avec l'ensemble de fond de puits par des moyens d'accrochage (42);
- appliquer sur le câble (32) des efforts de traction successifs au moins égaux à une première valeur, pour provoquer un changement d'état des moyens d'accrochage entre des états d'accrochage et de décrochage, selon un cycle prédéterminé, et des efforts de traction au moins égaux à une deuxième valeur supérieure à la première, pour assurer de plus un actionnement de la vanne d'obturation du puits (38).

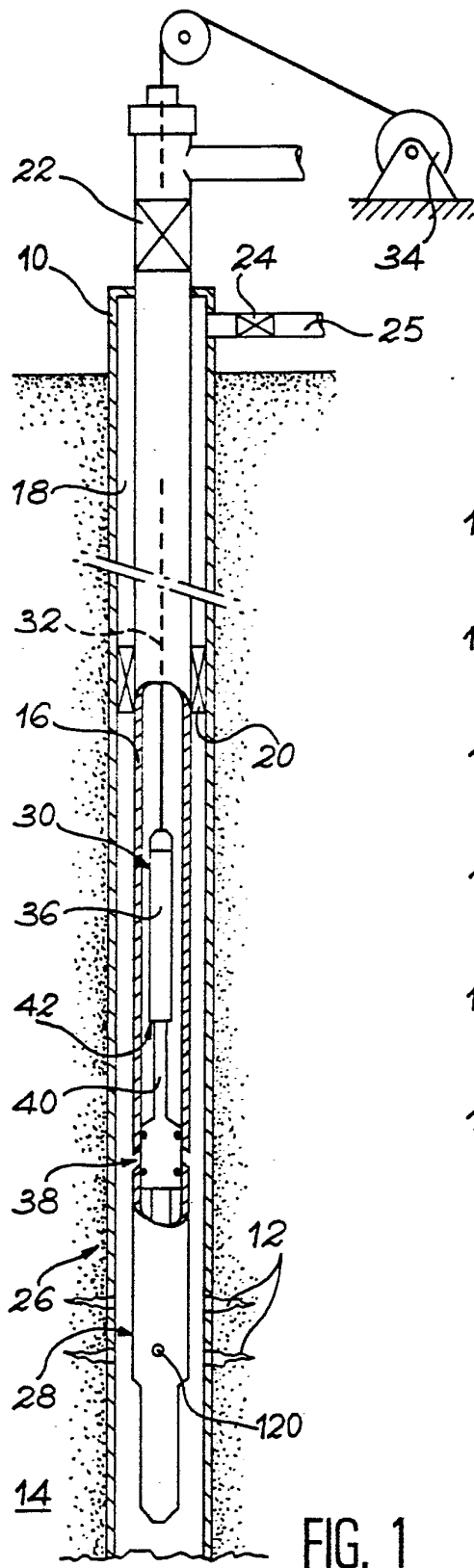


FIG. 1

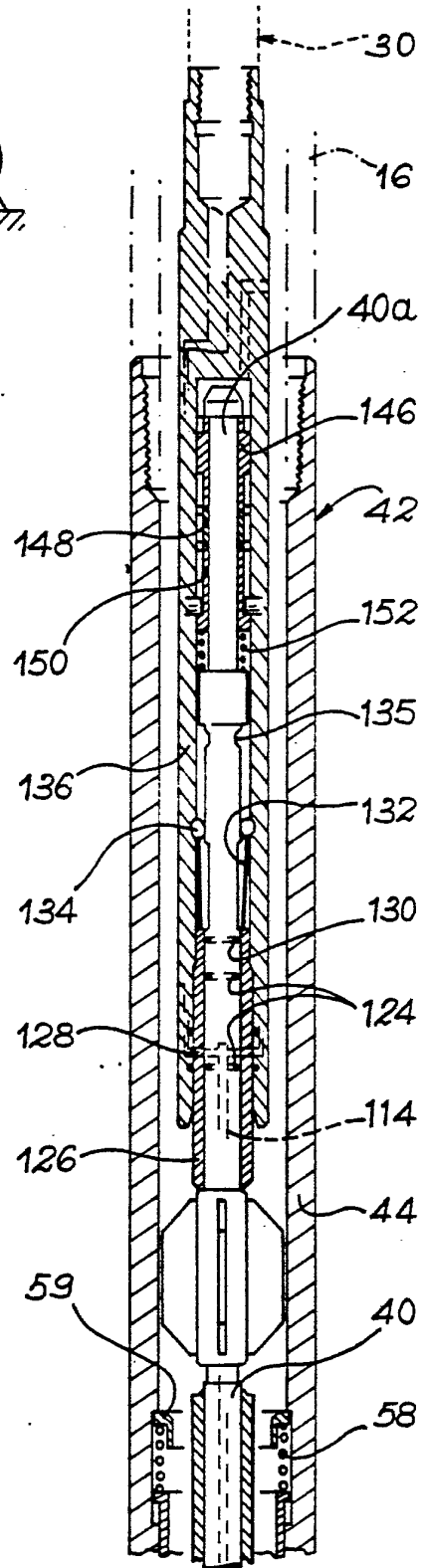


FIG. 2

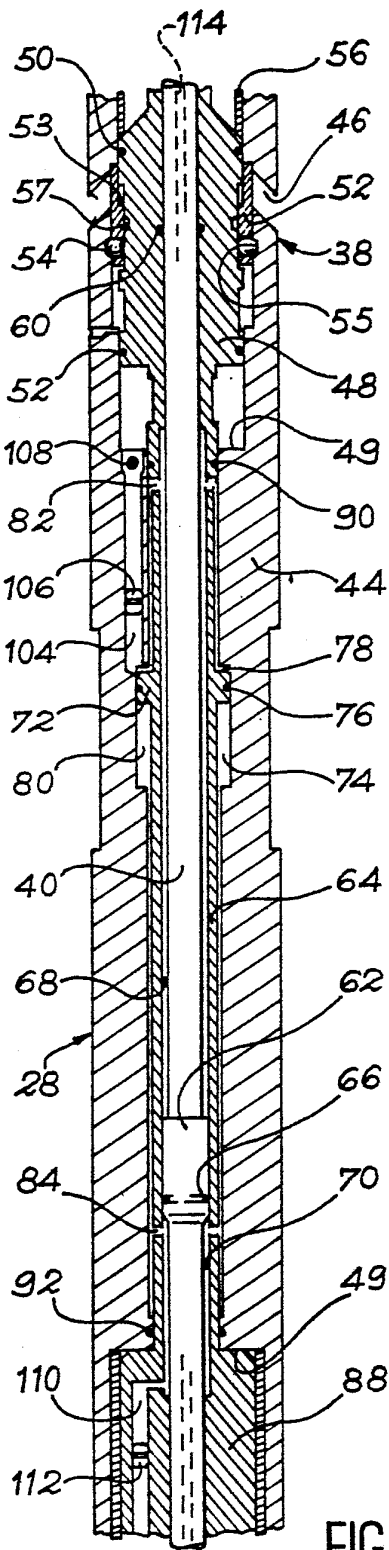


FIG. 3

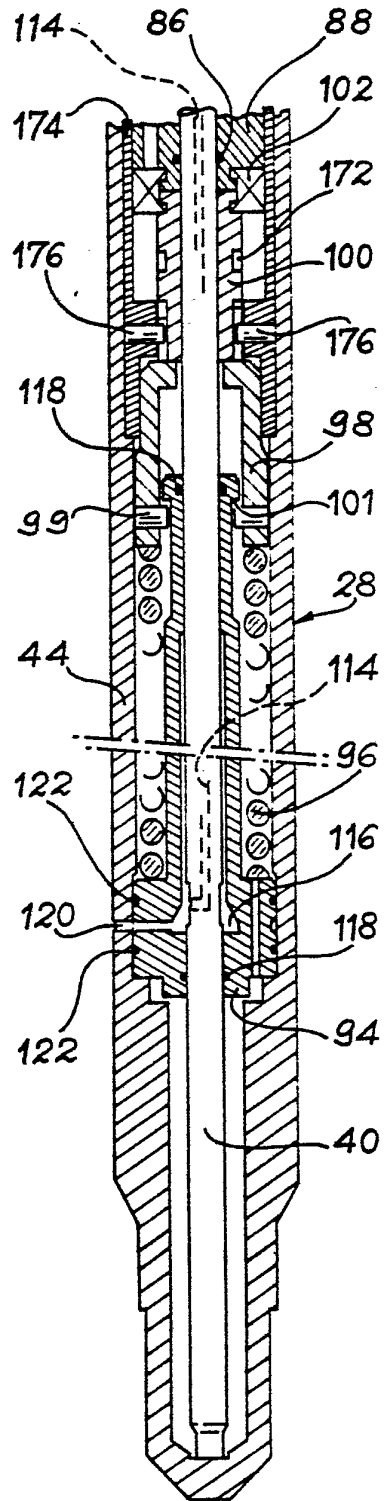
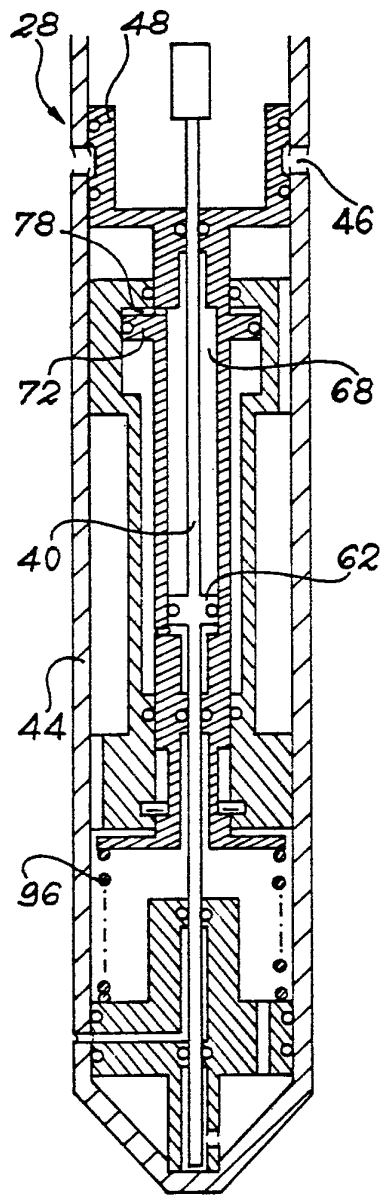


FIG. 4



7  
FIG. 5

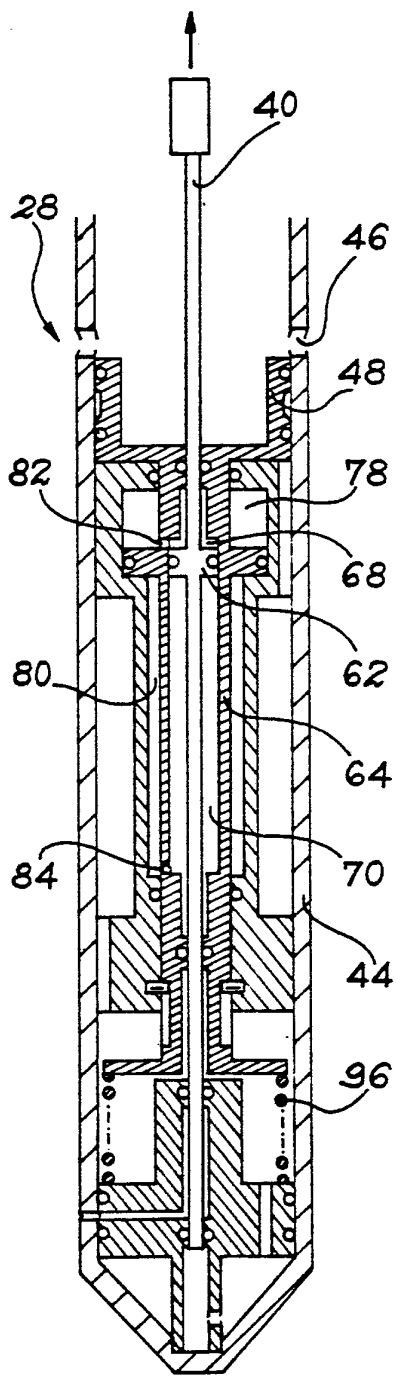


FIG. 6



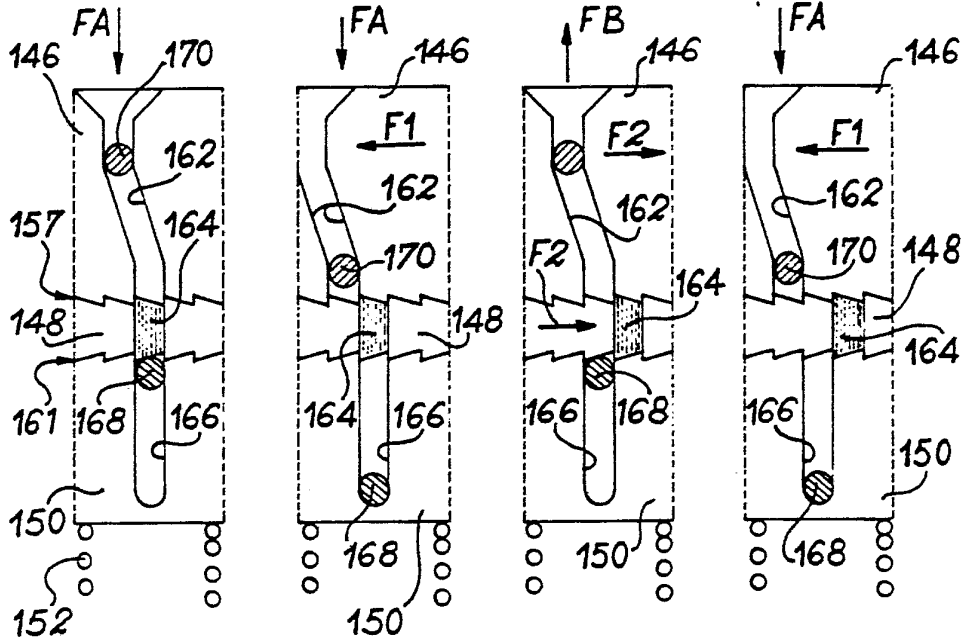


FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C

FIG. 8D

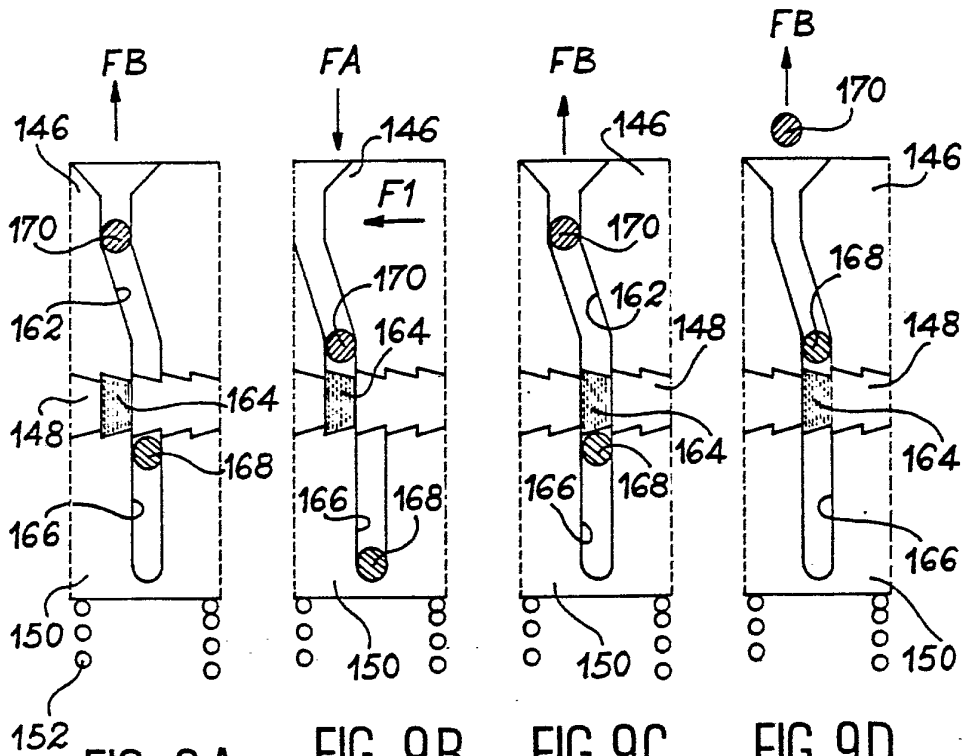
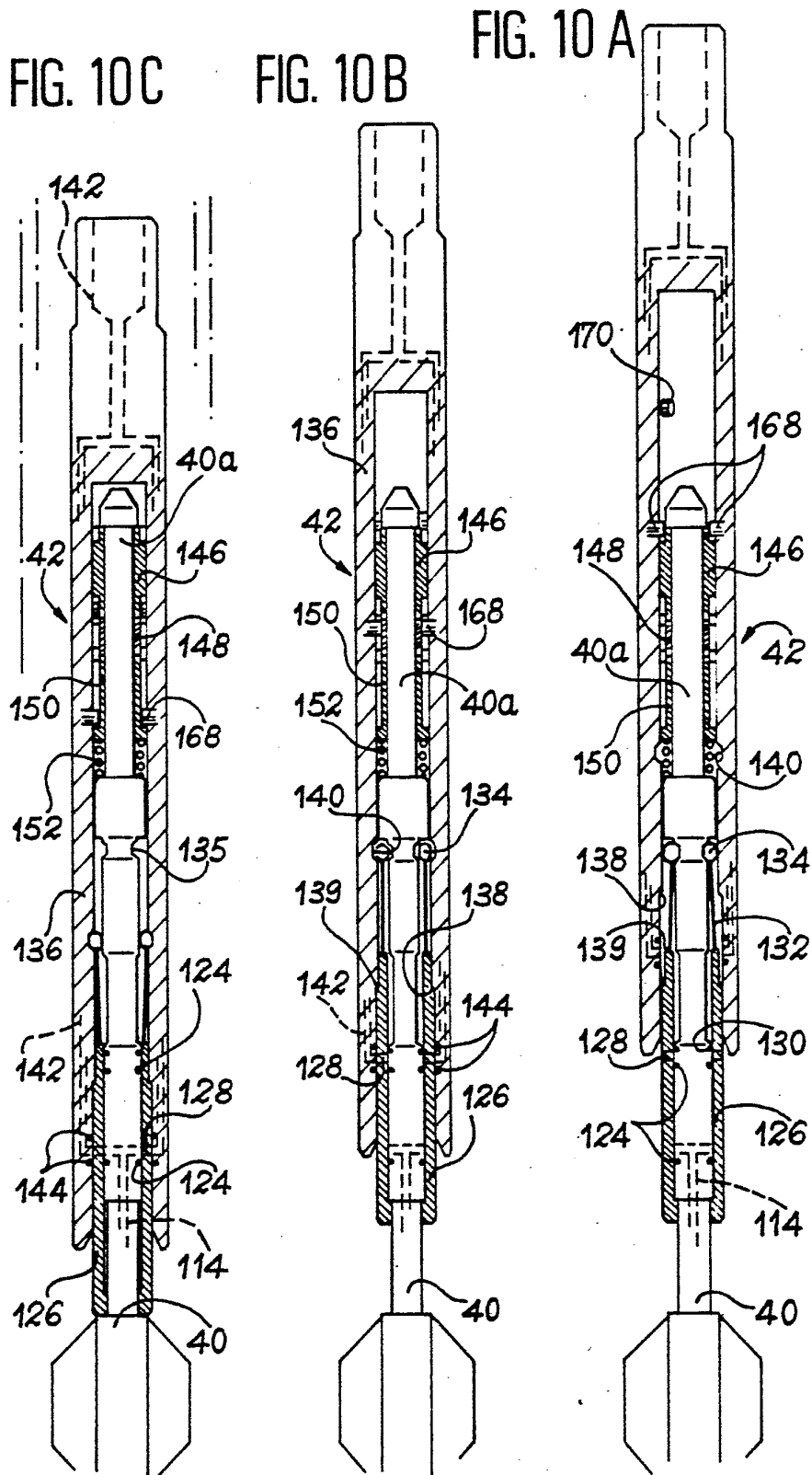


FIG. 9A

FIG. 9B

FIG. 9C

FIG. 9D



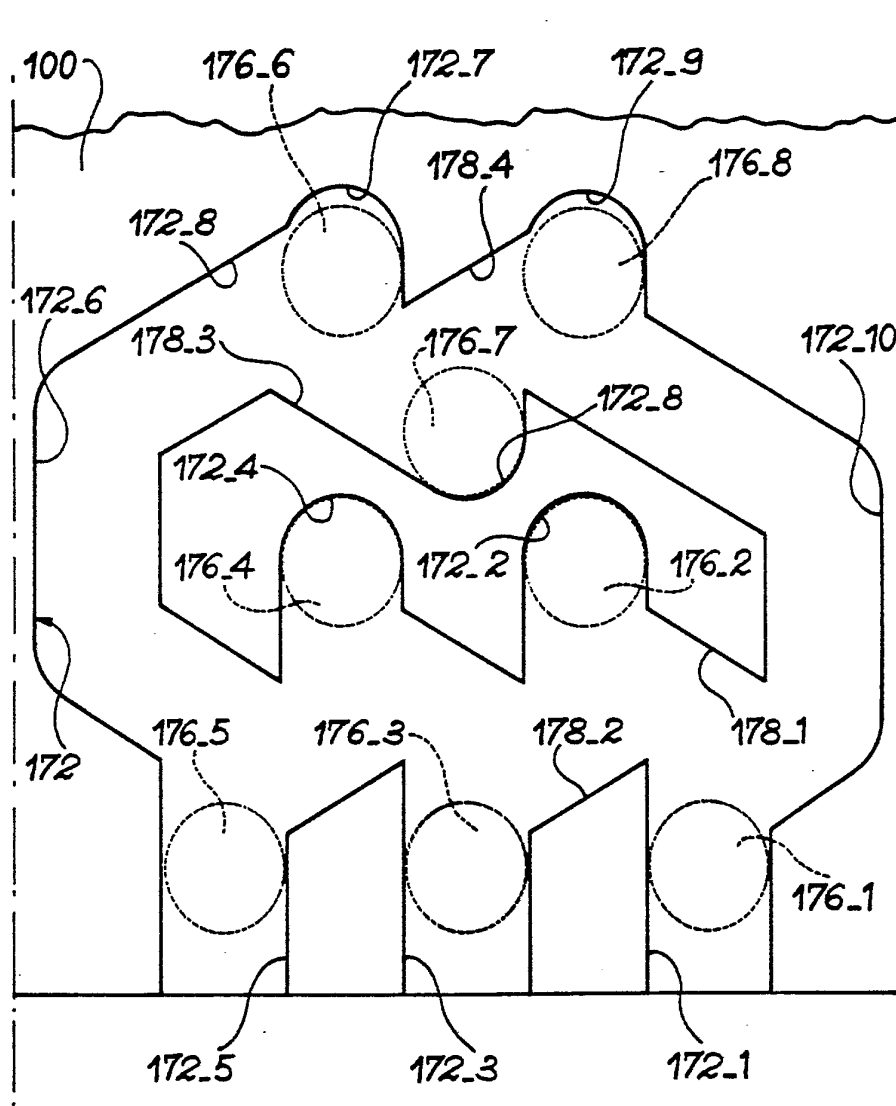


FIG. 11