

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2001/07/25

(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2002/01/31

(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2002/03/06

(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2001/002427

(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2002/008563

(30) **Priorité/Priority:** 2000/07/25 (00/09721) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ E21B 7/06, E21B 17/10

(71) Demandeurs/Applicants:

ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE
DEVELOPPEMENT DES METHODES ET PROCES
SUS INDUSTRIELS - A.R.M.I.N.E.S., FR;
TOTAL FINA ELF S.A., FR

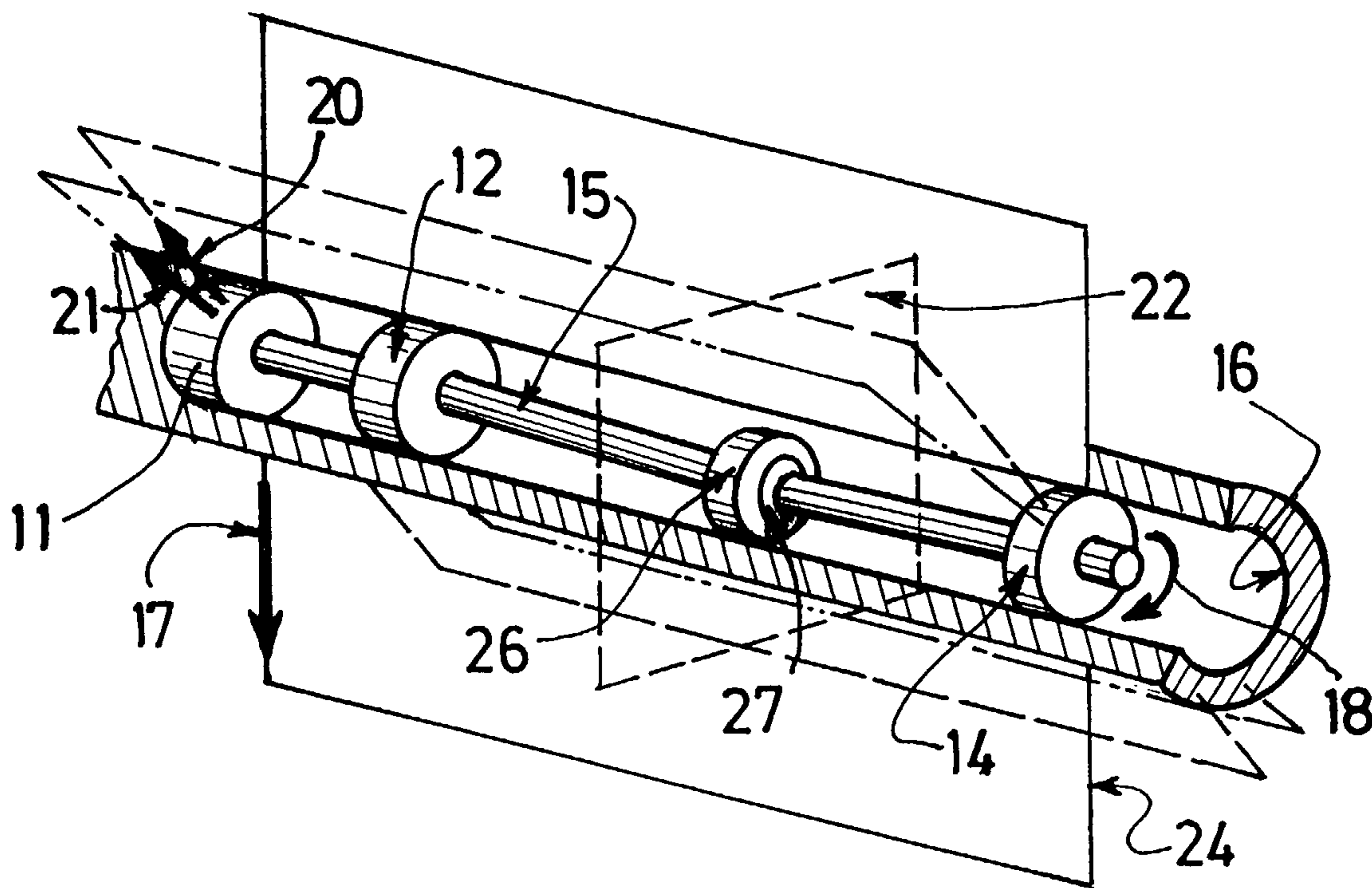
(72) Inventeurs/Inventors:

GENEVOIS, JEAN-MICHEL, FR;
SELLAMI, HEDI, FR;
SIMON, CHRISTOPHE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE FORAGE ROTARY D'UN PUIT

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ROTARY WELL DRILLING



(57) **Abrégé/Abstract:**

Selon ce procédé : on introduit dans une portion pré-forée du puits (16) un système de forage comprenant un outil de forage (11) assemblé avec des éléments tubulaires de garniture (15), des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimut de la partie pré-forée du puits, des moyens de friction rotative (26, 27) contre la paroi de cette partie pré-forée et des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement de ces moyens de friction contre la paroi ; on mesure la direction en azimut de la partie pré-forée du puits (16) ; et l'on fait varier le coefficient de frottement desdits moyens de friction (26, 27) dans une mesure suffisante pour influencer sur la direction en azimut de la portion suivante de puits à forer.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
31 janvier 2002 (31.01.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/08563 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : E21B 7/06,
17/10(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/02427

(22) Date de dépôt international : 25 juillet 2001 (25.07.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/09721 25 juillet 2000 (25.07.2000) FR(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : TO-
TAL FINA ELF S.A. [FR/FR]; 2, place de la Coupole,
La Défense 6, F-92400 Courbevoie (FR). ASSOCIATIONPOUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT
DES METHODES ET PROCESSUS INDUSTRIELS
[FR/FR]; 60, boulevard Saint-Michel, F-75272 Paris Cedex
06 (FR).

(72) Inventeurs; et

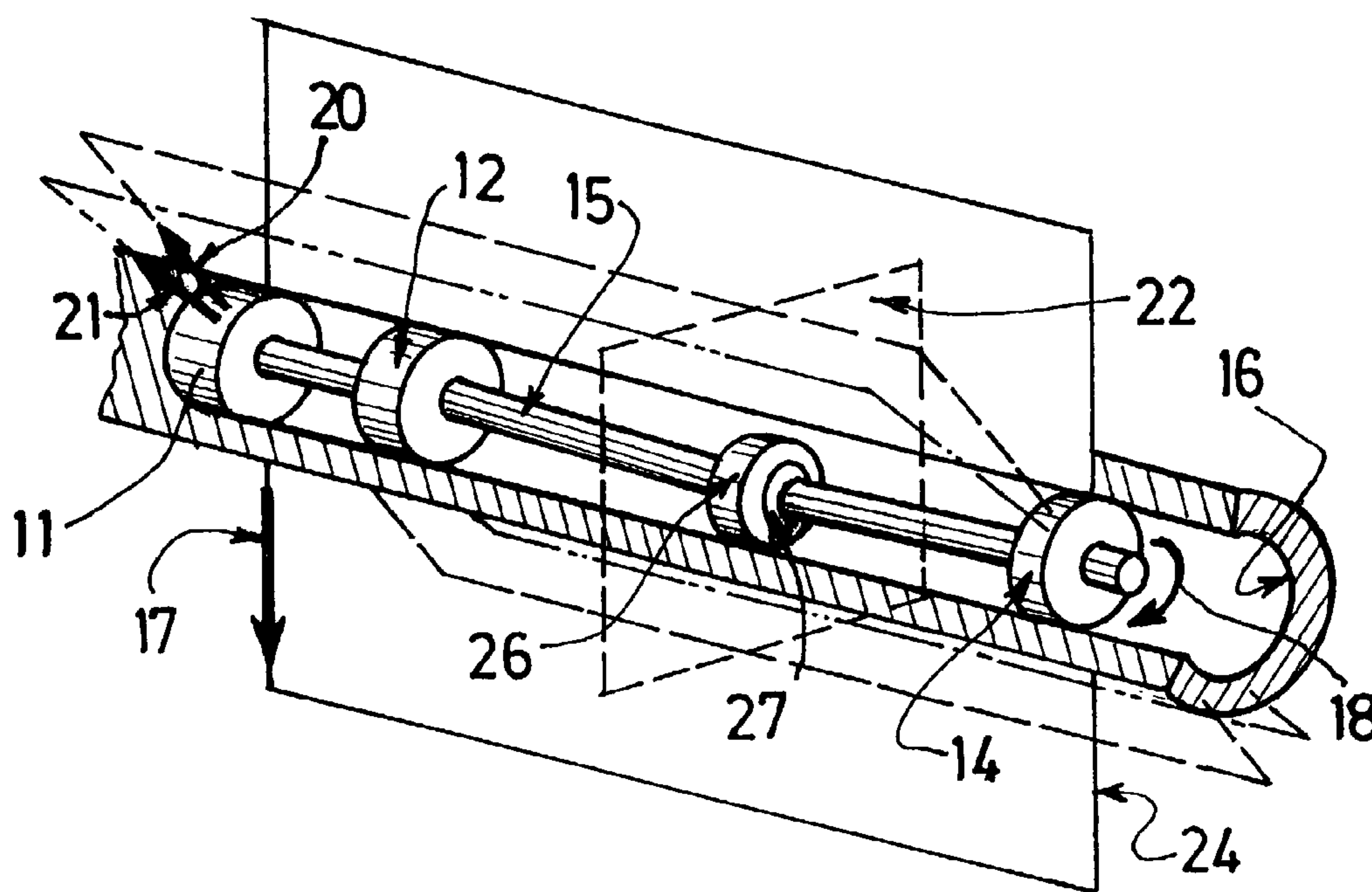
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
GENEVOIS, Jean-Michel [FR/FR]; 32, rue de la Con-
tesse de Talleyrand Périgord, F-78480 Verneuil-Sur-Seine
(FR). SELLAMI, Hédi [FR/FR]; Résidence les Portes
d'Orléans, 12, rue Théophile Gautier, F-92120 Montrouge
(FR). SIMON, Christophe [FR/FR]; 31, rue Douy Del-
cupe, F-93100 Montreuil (FR).(74) Mandataire : CABINET JOLLY; 54, rue de Clichy,
F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (national) : CA, GB, NO, US.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ROTARY WELL DRILLING

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE FORAGE ROTARY D'UN PUIT



(57) Abstract: The invention concerns a method which consists in: introducing into a pre-drilled portion of a well (16) a drilling system comprising a drilling bit (11) assembled with tubular lining elements (15), means for measuring the inclination and azimuth direction of said pre-drilled part of the well, means for rotary friction (26, 27) against the wall of said pre-drilled part and controlled means capable of modifying the friction coefficient of said friction means against the wall; measuring the azimuth direction of the pre-drilled part of the well (16); and varying the friction coefficient of said friction means (26, 27) sufficiently to influence the azimuth direction of the next well portion to be drilled.

[Suite sur la page suivante]



WO 02/08563 A1

WO 02/08563 A1**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Selon ce procédé : on introduit dans une portion pré-forée du puits (16) un système de forage comprenant un outil de forage (11) assemblé avec des éléments tubulaires de garniture (15), des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimuth de la partie pré-forée du puits, des moyens de friction rotative (26, 27) contre la paroi de cette partie pré-forée et des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement de ces moyens de friction contre la paroi ; on mesure la direction en azimuth de la partie pré-forée du puits (16) ; et l'on fait varier le coefficient de frottement desdits moyens de friction (26, 27) dans une mesure suffisante pour influencer sur la direction en azimuth de la portion suivante de puits à forer.

Procédé et dispositif de forage rotary d'un puits

La présente invention concerne un procédé de forage rotary d'un puits, permettant la maîtrise active de la trajectoire du puits en cours de forage, en inclinaison et en azimuth. L'invention concerne également
5 un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

Les techniques visant à maîtriser, pendant le forage d'un puits, la direction de la trajectoire du puits foré ont connu une avancée spectaculaire avec l'apparition des mesures en fond de trou pendant le forage (techniques dites MWD, de l'anglais "Measurement While
10 Drilling"). L'orientation du forage peut ainsi être aisément suivie et maîtrisée en inclinaison et en azimuth, en utilisant conjointement des systèmes déviateurs classiques, tels que moteur de fond assemblé à un raccord coudé (en anglais, "motor and bent-sub") ou, plus récemment, moteur de fond avec coude intégré (en anglais, "bent-housing").

Ces systèmes de forage au moteur de fond, et principalement le dernier cité, qui est très largement utilisé aujourd'hui, ont pris une part de plus en plus importante au sein de la panoplie des outils directionnels mis au service des opérations du forage dirigé moderne. Ces dernières années, ils ont même eu tendance à supplanter les outils
15 directionnels faisant appel au principe du forage rotary classique.

Le forage au moteur de fond présente toutefois un certain nombre d'inconvénients.

Le principal est lié au fait que, pour effectuer des corrections de trajectoire, il est nécessaire de maintenir la garniture de forage arrêtée
25 en rotation, afin de pouvoir orienter le coude du moteur de fond dans une direction déterminée dans un plan fixe. L'arrêt de la rotation de la garniture entraîne une augmentation significative des frottements du train de tiges à l'intérieur du puits, ce qui pénalise, entre autres, la transmission correcte du poids sur l'outil de forage nécessaire à la
30 bonne progression du forage. Par conséquent, la vitesse de pénétration s'en trouve réduite, ainsi que la longueur possible des passes de forage, que ce soit sur des puits déviés classiques, sur des puits fortement déviés ou sur des drains horizontaux. L'arrêt de la rotation peut également, dans certains cas, entraîner le collage des tiges contre la
35 paroi du trou, par un effet de pression différentielle, ce qui met en péril la poursuite du forage.

D'autres techniques, développées actuellement, visent à mettre en œuvre des systèmes permettant la maîtrise de l'orientation du forage en inclinaison et en azimut, tout en maintenant la rotation du train de tiges depuis la surface, principe fondateur du forage rotary classique.

5 Les systèmes dits RSS, de l'anglais "Rotary Steerable System", les plus évolués (et les plus complexes), permettent de générer une force sensiblement latérale à l'outil de forage, à l'aide de pistons qui s'appuient sur la paroi du puits (technique dite en anglais "Push The Bit") ou de faire légèrement pivoter l'outil de forage dans n'importe

10 quelle direction de l'espace, par une flexion de l'arbre de forage en amont de l'outil de forage. La complexité de ces systèmes est liée au mécanisme d'activation, ainsi qu'au dispositif de contrôle et de commande de l'orientation de l'action.

Parallèlement, le développement des codes de comportement directionnel de la garniture en forage rotary classique, mettant en œuvre des garnitures rotary stabilisées, a permis de mettre en évidence l'influence d'un certain nombre de paramètres, liés à la géométrie et aux caractéristiques mécaniques de la garniture, qui ont une influence

15 significative sur la réponse directionnelle du système de forage.

En effet, si le puits présente une inclinaison significative, la garniture sous l'effet de la gravité, repose sur la partie basse du trou. Elle adopte un profil déformé (en abrégé, une "déformée"), que l'on peut maîtriser en faisant varier les appuis, c'est-à-dire en agissant sur la position et le diamètre des stabilisateurs, qui ont pour fonction de

20 centrer plus ou moins les masses-tiges dans le trou. Pour une certaine déformée de la garniture, on connaît l'orientation de la force latérale à l'outil de forage, qui est, pour simplifier, soit dirigée vers le haut, soit dirigée vers le bas, au sens de la gravité. L'expérience a montré que toute garniture rotary classique qui transmet à l'outil de forage une

25 force latérale dirigée vers le haut et de module suffisamment important développera, dans une formation consolidée, une tendance dite "montante" (en anglais "build-up tendency"), ce qui aura pour effet final une augmentation de l'inclinaison du puits à mesure que le forage se poursuit. A l'inverse, toute garniture rotary classique qui transmet à

30 l'outil de forage une force latérale dirigée vers le bas et de module suffisamment important, développera, dans une formation consolidée, une tendance dite "chutante" (en anglais, "drop-off tendency"), ce qui

35

aura pour effet final une diminution de l'inclinaison du puits à mesure que le forage se poursuit.

5 A ces deux comportements possibles, on peut en ajouter un troisième, qui concerne l'utilisation des garnitures de forage rotary dans les sections droites (en anglais, "slant sections"), qui constituent encore aujourd'hui une grande proportion du mètre foré sur les puits déviés modernes. En effet, l'expérience a aussi montré que toute garniture rotary classique se trouvant soumise à une force latérale à l'outil de forage, dirigée soit vers le haut, soit vers le bas, et de module faible (ou à fortiori nul) développe, dans une formation consolidée, une tendance 10 dite "neutre" (en anglais "lock-up tendency"), ce qui a pour effet final un maintien de l'inclinaison du puits à mesure que le forage se poursuit.

C'est ce qu'illustrent les figures 1a, 1b, 2a et 2b de l'ensemble des dessins schématiques annexés, dont les autres figures seront explicitées 15 plus en détail ci-après, en référence à la description de la présente invention. Pour plus de commodité, sur ces figures les garnitures de forage sont représentées à l'horizontale, ce qui n'est qu'une configuration particulière de l'inclinaison.

Plus précisément :

20 La figure 1a illustre un exemple de configuration de garniture rotary classique dite montante ;

La figure 1b illustre un exemple de configuration de garniture rotary classique dite descendante ;

25 Les figures 2a et 2b illustrent le contrôle de l'inclinaison d'un forage à l'aide d'un stabilisateur à diamètre variable.

Sur la figure 1a, la garniture de forage, c'est-à-dire l'arbre de forage et les organes qui l'équipent, est désignée par la référence 1, deux stabilisateurs sont désignés par les références 2 et 3, l'outil de forage par la référence 4 et le puits en cours de forage par la référence 6.

30 On voit que, sous l'effet de la gravité, la section de la garniture 1 comprise entre les stabilisateurs 2 et 3 fléchit vers le bas, ce qui entraîne un effet de levier sur le premier stabilisateur 2 et permet d'engendrer sur l'outil de forage 4 une force F_1 dirigée vers le haut.

35 La figure 1b, sur laquelle les organes déjà décrits sont désignés par les mêmes chiffres de référence, illustre une configuration classique de garniture descendante. En supprimant le stabilisateur 2 de la figure 1a situé près de l'outil 4 de forage, l'ensemble de la garniture 1 compris

entre le stabilisateur 3 et l'outil de forage 4 génère, par effet pendulaire, une force F_2 latérale à l'outil de forage et orientée vers le bas.

Pour mettre à profit, pour le contrôle de l'inclinaison, le principe physique illustré par ces figures, on a conçu des stabilisateurs à diamètre variable, qui peuvent généralement adopter différents diamètres de lames (deux diamètres extrêmes au minimum, ou trois diamètres de lames, ou plus), leur activation et leur désactivation se faisant notamment en agissant sur le poids exercé sur l'outil de forage, ou encore sur la pression d'injection et le débit du fluide de forage.

En choisissant de façon judicieuse les deux diamètres extrêmes d'un stabilisateur à diamètre variable et en jouant sur la configuration de la garniture (espacement et diamètre des stabilisateurs), il est possible d'avoir une garniture montante, pour un diamètre extrême du stabilisateur, et une garniture descendante, pour l'autre diamètre extrême.

C'est ce qu'illustrent les figures 2a et 2b, où le stabilisateur 5, en deuxième position à partir de l'outil de forage 4, présente deux diamètres différents, l'un réduit (sous-dimensionné, en anglais "undergauge", c'est-à-dire ayant un diamètre inférieur à celui du trou foré) – voir figure 2a – correspondant à une garniture montante, et l'autre plus grand (maximum, plein-trou, en anglais "full-gauge", c'est-à-dire ayant un diamètre très proche de celui du trou foré) – voir figure 2b – correspondant à une garniture descendante. Entre ces deux extrêmes, il est évidemment possible de choisir un diamètre approprié permettant pratiquement d'annuler la force latérale à l'outil de forage, rendant ainsi la garniture de forage neutre dans son comportement directionnel en inclinaison, comme cela a été rappelé plus haut.

Il n'a cependant pas été envisagé, dans la technique antérieure, d'utiliser un stabilisateur, à géométrie variable ou non, pour maîtriser la direction azimutale d'un système de forage rotary, c'est-à-dire de l'ensemble constitué par la garniture et l'outil de forage, le terme de "géométrie variable" pouvant être pris au sens strict de diamètre variable ou pouvant englober des changements de forme, de surfaces de contact, d'état de ces surfaces de contact ou de distance entre points de contacts.

La présente invention vise à fournir les moyens d'effectuer un tel contrôle et une telle maîtrise, c'est-à-dire d'exercer sur le système de

forage rotary une action propre à produire une modification de la direction azimutale du système, par exemple un ralentissement de la tendance du système à forer vers la droite ou vers la gauche, voire même une inversion de la direction du forage de la droite vers la gauche ou vice-versa.

A cet effet, l'invention a pour premier objet un procédé de forage rotary d'un puits, ce procédé étant caractérisé par les phases successives suivantes :

- on introduit dans une portion pré-forée du puits un système de forage comprenant un outil de forage assemblé avec des éléments tubulaires de garniture, des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimut de la partie pré-forée du puits, des moyens de friction contre la paroi de cette partie pré-forée et des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement de ces moyens de friction contre la paroi ;

- on mesure la direction en azimut de la partie pré-forée du puits ;
- et l'on fait varier le coefficient de frottement desdits moyens de friction dans une mesure suffisante pour influencer sur la direction en inclinaison et en azimut de la portion suivante de puits à forer.

L'invention a également pour objet une garniture de forage dirigé en rotary, pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus, cette garniture comprenant un outil de forage assemblé avec des éléments tubulaires de garniture, des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimut d'une partie pré-forée du puits dans laquelle elle est destinée à être engagée, et des moyens de friction contre la paroi de cette partie pré-forée, cette garniture étant caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement des moyens de friction contre la paroi, en vue de modifier la force latérale transmise par la garniture à l'outil de forage.

Avantageusement, les moyens de friction comprennent au moins un élément stabilisateur à géométrie variable, notamment à diamètre variable, qui assure la maîtrise active des variations d'inclinaison et dont le bloc-lames est monté libre en rotation par rapport à la garniture et des moyens commandés de liaison en rotation du bloc-lames du dit stabilisateur avec la garniture, réalisant ainsi deux modes d'utilisation possibles : mode débrayé (bloc-lames libre en rotation par rapport à la

garniture) / mode embrayé (bloc-lames lié en rotation par rapport à la garniture).

5 Ces moyens de liaison sont de préférence tels que l'élément stabilisateur peut occuper deux états distincts, à savoir un premier état, dans lequel le coefficient de frottement est annulé ou réduit, correspondant au mode débrayé, et un second état, dans lequel ce coefficient est accru par rapport au précédent et qui correspond au mode embrayé.

10 Le passage d'un état à l'autre peut être commandé à distance depuis la surface du sol, en fonction de la position mesurée de l'outil de forage et des informations sur cette position transmises à la surface.

15 Dans la solution proposée ici, la variation du coefficient de frottement des moyens de friction est obtenue en modifiant la zone de glissement : soit localisée entre le bloc-lames et la paroi du trou en mode embrayé, (fort coefficient de frottement), soit localisée entre la garniture et le bloc-lames en mode débrayé (coefficient de frottement faible, voire nul). Il doit être souligné que cette modification du coefficient de frottement peut être obtenue par d'autres moyens sans modification de la zone de glissement. On peut, par exemple, modifier
20 l'état de surface des lames (sortie de petites aspérités, modifications de l'orientation de stries...) d'un stabilisateur classique, ce qui a pour effet de modifier le coefficient de frottement à l'interface entre les lames et la formation.

25 On notera que l'on connaît déjà dans la technique des stabilisateurs aptes à tourner librement par rapport au train de tiges (voir US 5 810 100 A ; voir aussi le stabilisateur proposé sous l'appellation SR 2 S ("Stationary Rubber Sleeve") par la Société française SMFI (Société de Matériel de Forage International). On connaît aussi des stabilisateurs tournants embrayables et débrayables automatiquement
30 (voir US 4 989 679 A) et des stabilisateurs à diamètre variable (voir US 4 848 490 A), mais il n'a pas été proposé jusqu'à présent de réaliser des stabilisateurs embrayables et débrayables de manière commandée et dont le diamètre externe peut être modifié simultanément, également de manière commandée. On n'a pas
35 davantage proposé d'utiliser de tels stabilisateurs dans un procédé de forage rotary d'un puits, en vue d'ajuster l'inclinaison et l'azimut de ce puits.

L'invention va être décrite ci-après de façon plus détaillée en référence à celles des figures des dessins annexés qui n'ont pas encore été mentionnées, dans lesquelles :

5 La figure 3a est une vue schématique en perspective illustrant l'incidence du frottement d'un stabilisateur de diamètre inférieur à celui d'un puits sur la paroi de celui-ci et le rôle de l'outil sur l'orientation de la direction de forage hors du plan vertical ;

La figure 3b est une coupe selon le plan transversal 22 de la figure 3a ;

10 La figure 4a est une vue analogue à la figure 3a du dispositif de forage conforme à l'invention, avec le stabilisateur en mode embrayé, c'est-à-dire avec le bloc-lames lié en rotation à la garniture de forage ;

La figure 4b est une coupe selon le plan transversal 22 de la figure 4a ;

15 Les figures 5a et 5b sont des vues analogues, respectivement, aux figures 4a et 4b, avec le stabilisateur en mode débrayé, c'est-à-dire avec le bloc-lames libre en rotation par rapport à la garniture de forage ;

20 Les figures 6 et 7 sont des graphiques donnant le gradient d'azimut et d'inclinaison, pour les deux modes embrayé et débrayé, en fonction du coefficient de frottement entre le stabilisateur selon l'invention et la formation dans laquelle est foré le puits ;

La figure 8 est une vue illustrant les dimensions classiques sur un exemple de garniture selon l'invention.

25 Les figures 9a et 9b sont deux vues schématiques en perspective du stabilisateur, respectivement dans l'état embrayé et dans l'état débrayé ;

30 La figure 10 représente deux demi-coupes longitudinales partielles du stabilisateur, montrant le mécanisme du bloc-lames et le système d'embrayage-débrayage, respectivement en position embrayée (demi-coupe supérieure) et en position débrayée (demi-coupe inférieure) ;

La figure 11 est une coupe transversale selon la ligne XI-XI de la figure 10 ;

La figure 12 est un schéma de principe du mécanisme d'indexation de l'état du stabilisateur (diamètre et embrayage-débrayage).

35 Comme exposé ci-dessus, les travaux effectués par les Demanderesses concernant le comportement directionnel des systèmes de forage ont permis de mettre en évidence l'incidence d'un certain

nombre de paramètres sur la réponse en azimuth du système de forage. Ces paramètres sont principalement :

- le coefficient de frottement entre les lames du stabilisateur et la paroi du puits,

5 - l'outil de forage.

La figure 3a présente une garniture de forage composée de masse-tiges 15 assemblées et comportant un outil de forage 11, deux stabilisateurs plein trou, l'un 12, connu sous le nom de "near bit", qui vient de l'anglais et qui veut dire "proche de l'outil", et l'autre 14, connu
10 sous le nom de "string stabiliser", qui vient de l'anglais et qui veut dire "stabilisateur intégré à la garniture", ce terme désignant tout stabilisateur hormis celui qui se trouve proche de l'outil, et enfin un stabilisateur 13 sous-dimensionné, c'est-à-dire de diamètre inférieur à celui du trou. Une fois introduites dans un puits incliné 16 et sous
15 l'effet de la gravité 17, les masse-tiges entre les stabilisateurs 12 et 14 fléchissent et le stabilisateur 13 entre en contact avec la partie basse du trou.

La figure 3b est une vue en coupe suivant le plan transversal 22, au niveau du stabilisateur 13. Sous l'effet combiné de la rotation 18 et
20 du coefficient de frottement entre les lames du stabilisateur 13 et la paroi du puits 16, le stabilisateur 13 est soumis à une force tangentielle 19, qui tend à faire remonter le point de contact 25 sur la paroi du puits et permet ainsi de faire pivoter vers la gauche, par rapport au plan vertical 24, la force latérale 20 appliquée par la garniture 15 sur l'outil
25 de forage. La garniture 15 a donc tendance à pousser légèrement sur l'outil de forage vers la gauche.

En jouant sur sa géométrie, il est possible de concevoir un outil de forage dont le déplacement latéral 21 se fera vers la gauche (cas de la figure 3a), parallèlement, ou vers la droite, par rapport à la direction de
30 la force latérale 20 appliquée par la garniture.

En résumé, le comportement directionnel en azimuth d'un système de forage ou sa capacité à forer dans une direction hors du plan vertical dépend donc :

35 - du coefficient de frottement entre les lames du stabilisateur sous-dimensionné et la paroi du trou, qui a une influence sur la direction de la force latérale transmise par la garniture à l'outil de forage,

- du comportement directionnel de l'outil de forage, qui définit l'orientation de la direction de forage à partir de la direction de la force appliquée.

5 Un exemple de mise en œuvre de la présente invention est présenté sur la figure 4a.

La configuration de la garniture est celle de la figure 3a, et les organes déjà décrits en référence à cette figure 3a sont désignés par les mêmes chiffres de référence, mais le stabilisateur 13 a été remplacé, conformément à la présente invention, par un stabilisateur à géométrie variable, comprenant un bloc-lames 26 et un corps de stabilisateur 27. Comme indiqué ci-dessus, le terme "géométrie variable" peut être pris au sens strict de diamètre variable ou englober des changements de forme, de surfaces de contact, d'état de ces surfaces de contact ou de distance entre les points de contacts. Sur cette figure 4a, le bloc-lames 15 26 est représenté en mode embrayé, c'est-à-dire solidaire du corps du stabilisateur 27.

La figure 4b est une vue en coupe suivant le plan transversal 22, où il est montré que le frottement a lieu à l'interface entre le bloc-lames 26 et la roche 16, l'ensemble se comportant comme un stabilisateur classique. 20

Dans le mode débrayé de la figure 5a, le bloc-lames 26 n'est plus solidaire du corps du stabilisateur 27 et la force latérale 20 transmise par la garniture 15 au stabilisateur se trouve alors dans le plan vertical 24.

25 La figure 5b est une vue en coupe suivant le plan 22, où il est montré que le frottement a lieu à l'interface entre le bloc-lames 6 et le corps du stabilisateur 27 : le coefficient de frottement étant très faible, la force tangentielle 19 est presque nulle et le point de contact 25 se situe dans le plan vertical.

30 On notera que, pour avoir un gradient d'azimut positif dans un des modes d'utilisation du stabilisateur, et un gradient négatif dans l'autre mode, on peut intervenir sur les paramètres suivants :

- le nombre, le diamètre et la position des stabilisateurs,
- la position, le diamètre et le coefficient de frottement du bloc-lames sur la formation forée, en mode embrayé,
- 35 - les caractéristiques directionnelles de l'outil de forage.

La figure 6 montre l'évolution du gradient d'azimut (en degrés/30 mètres) en fonction du coefficient de frottement bloc-lames/formation pour une garniture montante comprenant quatre stabilisateurs.

5 On peut noter qu'en passant par exemple d'un coefficient de frottement de 0,4, correspondant au mode embrayé du stabilisateur, à un coefficient de frottement artificiellement nul, correspondant au mode débrayé, le gradient d'azimut passe alors de 0,1 degré/30m (vers la gauche) à +0,02 degré/30m (vers la droite). Ces valeurs peuvent être augmentées en adaptant la configuration et le type d'outil de forage.

10 La figure 7 illustre l'évolution du gradient d'inclinaison en fonction du coefficient de frottement bloc-lames/formation pour la même garniture montante comprenant quatre stabilisateurs.

On note que le gradient d'inclinaison est sensiblement indépendant du coefficient de frottement, ce qui démontre que la commande du système directionnel en azimut, en utilisant l'invention, reste quasi indépendante du comportement en inclinaison.

15 Les caractéristiques dimensionnelles sur un exemple de garniture montante conforme à l'invention apparaissent sur la figure 8, où les organes déjà décrits en référence aux figures 4a, 4b, 5a, 5b sont désignés par les mêmes chiffres de référence.

20 Les diamètres des différents organes y sont exprimés non seulement en centimètres, mais, selon l'usage dans le domaine pétrolier, également en pouces (on rappelle qu'un pouce vaut 2,54 cm).

25 Une forme de réalisation d'un stabilisateur à embrayage et débrayage commandés et à diamètre variable également commandé, apte à être utilisé dans le cadre de l'invention, va maintenant être décrit en référence aux figures 9a – 9b à 12 des dessins annexés.

30 L'ensemble représenté schématiquement sur les figures 9a et 9b comprend essentiellement deux parties, une partie haute 30, dont on mentionnera simplement les fonctions, et une partie basse 31, qui sera décrite ci-après plus en détail et qui est reliée à la partie 30 par un raccord intermédiaire 32.

La partie 30 comprend :

35 - une partie 33, dont la fonction est d'assurer un système de visualisation hydraulique permettant de confirmer l'état dans lequel se trouve l'outil (diamètre et embrayage) ;

- une partie 34, qui comprend un ou des organes de rappel destinés à appliquer au système décrit une précontrainte propre à assurer en toute position une cohésion entre ses parties mobiles les unes par rapport aux autres ;

5 - une partie 35, qui assure la transmission commandée du couple de forage entre la garniture reliée à la surface et la garniture disposée au-dessous du système jusqu'à l'outil de forage. En outre, cette partie 35 assure la transmission du poids sur l'outil de forage par l'intermédiaire de butées franches et variables.

10 Le raccord intermédiaire 32 assure la cohésion entre la partie haute 30 et la partie basse 31.

 Selon une caractéristique essentielle de l'invention, l'outil est télescopique. Il est représenté sur la figure 9a avec le raccord mâle d'embrayage 36 embrayé et, sur la figure 9b, avec ce raccord mâle 36
15 débrayé.

 Le bloc-lames tournant 37 comprend des lames 45, ici au nombre de trois, dont le diamètre variable est réglable d'une manière que l'on décrira plus en détail ci-après. La partie inférieure du bloc-lames 37 comprend une partie femelle qui coopère de façon commandée avec le
20 raccord mâle 36, par un système de cannelures.

 Dans l'exemple représenté, le système d'embrayage baigne dans le fluide de forage, ce qui simplifie sa réalisation, mais il pourrait aussi bien être équipé de systèmes d'étanchéité et être positionné alors dans un fluide hydraulique.

25 L'outil est destiné à occuper au sein de l'assemblage de fond de la garniture (en anglais, Bottom Hole Assembly ou BHA) une position lui permettant d'assurer dans les meilleures conditions d'efficacité le contrôle de l'inclinaison et de l'azimut.

 Sur les figures 10 et 11, où n'est représentée que la partie 31 de
30 l'outil, se trouvent rassemblées la fonction de stabilisateur à géométrie variable ainsi que la fonction d'embrayage-débrayage, qui sont au cœur de l'invention. Cet exemple de réalisation comprend un arbre principal multifonction 41, un fourreau 42 qui lui est concentrique et qui porte le bloc-lames 37, et un raccord intermédiaire 44.

35 Le bloc-lames tournant 37 occupe une partie centrale de la partie 31 et comprend trois lames 45, maintenues à leurs extrémités dans un manchon porte-lames 46 par des ressorts de rappel 47. Les lames 45

agissent comme des patins et sont en contact commandé avec la paroi du puits, pour assurer le centrage ou le décentrage de l'ensemble et des éléments de garniture qui en sont solidaires au-dessus et au-dessous. Il est ainsi possible, comme exposé ci-dessus, d'agir sur la flèche des
5 éléments massifs de garniture sous l'influence de la gravité, afin d'appliquer à l'outil de forage un effort de module et de direction souhaités.

Les lames 45 reposent sur des poussoirs de commande 48, qui coulisent dans des logements 49 et sont destinés à reprendre une
10 fraction importante des efforts exercés sur les lames. Celles-ci sont maintenues en contact permanent avec les poussoirs de commande 48 par les ressorts de rappel d'extrémité 47.

Les poussoirs 48, ici cylindriques, comportent dans leur partie basse un système de billes 50, visant notamment à assurer le
15 roulement du bloc-lames tournant sur des chemins de roulement, lorsque l'outil est en position débrayée. Ces chemins de roulement sont ménagés à la surface externe d'une pièce 51, formant une chemise-navette permettant d'indexer le diamètre externe des lames.

Cette pièce 51, concentrique au fourreau 42, est liée dans ses
20 mouvements longitudinaux à l'arbre 41. Elle est montée coulissante sur le fourreau 42 et comprend à sa surface externe des degrés en escalier, qui lui permettent, lorsqu'elle est sollicitée par l'arbre 41, de commander par les poussoirs 48 la position des lames 45 et de faire varier leur diamètre externe.

La pièce 51 comporte par ailleurs des dépressions 52, constituant,
25 pour certaines positions de l'arbre 41, des chemins de roulement pour les billes 50 des poussoirs 48.

Le bloc-lames 37 est guidé sur le fourreau 42 par des roulements
53 destinés à permettre une rotation aussi libre que possible de celui-ci.

Dans la forme de réalisation représentée sur les dessins, la
30 fonction de variation du diamètre des lames et la fonction embrayage-débrayage du bloc-lames 37 qui seront décrites ci-après sont commandées simultanément par l'arbre multi-fonctions 41, selon une séquence automatique prédéterminée, mais ces deux fonctions
35 pourraient être dissociées sans sortir du cadre de l'invention.

Comme exposé précédemment, l'ensemble décrit est intrinsèquement télescopique. Dans un état stable, il peut donc, soit

être télescopé, c'est-à-dire occuper une position raccourcie, en particulier lorsque l'outil de forage prend appui sur le fond du puits, soit occuper une position étendue, lorsque l'outil de forage n'est plus en appui sur le fond du puits. L'invention met à profit le passage d'un premier état stable à un second état stable pour assurer, de façon automatique et ici simultanément, la fonction changement de diamètre et la fonction embrayage-débrayage.

Dans ce but, un organe d'indexation 54 comprend des doigts 55 fixés à l'extrémité de la partie supérieure du fourreau 42 et montés sur ressorts. Ces doigts coopèrent avec des rampes, usinées dans l'arbre 41, cet ensemble assurant, lors du passage d'un état stable à un autre état stable, des mouvements contrôlés et prédéterminés de l'arbre et par conséquent de la chemise-navette liée à celui-ci.

Dans l'exemple illustré par la figure 12, les rampes comprennent des parties rectilignes 56a, 56b, 56c, etc., parallèles à l'axe de l'arbre 41 et dont les parties hautes et basses correspondent aux états stables mentionnés ci-dessus (c'est-à-dire respectivement aux positions de l'outil de forage au fond du puits et au-dessus du fond du puits), et des parties telles que 57a disposées en oblique par rapport aux précédentes, qu'elles réunissent et qui assurent un changement de cycle sous l'effet d'une rotation de l'arbre 41 commandée par les doigts d'indexation 55.

On notera que la forme des rampes est telle qu'elle interdit aux doigts 55 de revenir à une position antérieure entre deux états stables, assurant ainsi une série continue et cyclique de rotations de l'arbre 41 dans un même sens.

Sur la figure 12, dans le cas de la partie rectiligne 56b, un doigt d'indexation est montré en traits interrompus en deux états stables, référencés 55a et 55b, l'état 55a correspondant à la position étendue du système, avec l'outil de forage au-dessus du fond du puits, tandis que l'état 55b correspond à la position télescopée du système, avec l'outil de forage en appui sur le fond du puits. Dans l'état stable 55a, le système se trouve en position étendue, systématiquement débrayé, l'outil étant dans ce qui peut être assimilé à un état de repos, tandis que, dans l'état stable 55b, le système se trouve en position télescopée, ce qui peut être assimilé à un état de travail et ce qui ne présage en rien de l'état du diamètre des lames et de l'état de la fonction embrayage-débrayage qui seront fixés par construction. Dans le cas de la partie rectiligne 56c

contiguë à la partie 56b, l'état stable du doigt d'indexation symbolisé en 55c correspond, comme l'état stable 55b, à un état embrayé puisque correspondant à la course maximum de télescopage.

5 Entre les positions de l'outil de forage correspondant aux états stables 55a et 55b, le doigt d'indexation 55, qui reste en contact avec le fond de la rampe sous la sollicitation de son ressort de rappel, doit franchir une différence de niveau apparaissant clairement sur la partie oblique 57a et qui fait fonction d'anti-retour.

10 Le passage du doigt 55 d'indexation d'une partie rectiligne d'une rampe à la partie rectiligne de la rampe contiguë provoque, outre le mouvement rectiligne de cet arbre, une rotation de celui-ci. Les parties rectilignes ont des longueurs différentes, ce qui autorise des positions relatives de l'arbre correspondant à toute combinaison souhaitée de diamètre de l'arbre et d'embrayage ou de débrayage.

15 Dans la configuration représentée sur la demi-coupe supérieure de la figure 10, le stabilisateur se trouve en position embrayée dans son état télescopé maximum, ce qui correspond à la partie rectiligne 56c d'une rampe et à la position 55c du doigt d'indexation, permettant une interpénétration maximum du raccord mâle et du raccord femelle
20 d'embrayage. Cette position correspond aussi à un diamètre déterminé de l'outil.

On notera que, pour certaines configurations d'assemblage de fond, plus le diamètre des lames d'un stabilisateur classique (embrayé) est petit, plus la capacité à induire un gradient d'azimut est grande.
25 Avec le stabilisateur conforme à l'invention, on cherchera donc, par construction, à associer le diamètre le plus petit des lames à la position embrayée du système.

Il est connu, en matière de contrôle de l'inclinaison d'un puits, que pour une configuration particulière de l'assemblage de fond (assemblage
30 de fond à quatre stabilisateurs pour forage de parties rectilignes de puits, c'est-à-dire de parties à inclinaison constante), dans laquelle le stabilisateur conforme à l'invention occupe la position de stabilisateur "actif" (deuxième stabilisateur à partir de l'outil de forage), l'assemblage de fond adopte un comportement directionnel dit "chutant", c'est-à-dire
35 induisant un gradient négatif d'inclinaison, pour le diamètre maximum des lames (diamètre dit "plein trou" dans la technique). Inversement, pour le diamètre minimum des lames, l'assemblage de fond adopte un

5

comportement directionnel dit "montant", c'est-à-dire induisant un gradient positif d'inclinaison. Il est possible, par conséquent, de déterminer un diamètre intermédiaire, pour lequel l'assemblage de fond induit un comportement neutre, c'est-à-dire à gradient d'inclinaison sensiblement nul.

En combinant ces différents paramètres de façon appropriée, il est donc possible d'adapter le stabilisateur conforme à la présente invention à toutes les conditions pratiques rencontrées dans le forage directionnel.

REVENDICATIONS

1. Procédé de forage rotary d'un puits, ce procédé étant caractérisé par les phases successives suivantes :

5 - on introduit dans une portion pré-forée du puits (16) un système de forage comprenant un outil de forage (11) assemblé avec des éléments tubulaires de garniture (15), des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimuth de la partie pré-forée du puits, des moyens de friction rotative (26, 27) contre la paroi de cette partie pré-forée et des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement de ces moyens de friction contre la paroi ;

10 - on mesure la direction en azimuth de la partie pré-forée du puits (16) ;

15 - et l'on fait varier le coefficient de frottement desdits moyens de friction (26, 27) dans une mesure suffisante pour influencer sur la direction en azimuth de la portion suivante de puits à forer.

20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de friction rotative comprennent un élément stabilisateur à géométrie variable (26, 27), monté libre en rotation par rapport à la garniture (15), et des moyens commandés de liaison en rotation de cet élément stabilisateur avec la garniture (15).

25 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on mesure également la direction en inclinaison de la partie pré forée du puits et en ce que l'élément stabilisateur à géométrie variable (26, 27) est un élément stabilisateur à diamètre variable, permettant de modifier l'inclinaison de la portion suivante de puits à forer.

30 4. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'élément stabilisateur (26, 27) est apte à fonctionner suivant deux modes distincts, à savoir un premier mode, selon lequel le coefficient de frottement contre la paroi de la portion pré-forée du puits (16) est nul ou réduit, et un second mode, selon lequel ce coefficient de frottement est accru par rapport à celui du mode précédemment cité.

35 5. Garniture de forage rotary, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 4, cette garniture comprenant un outil de forage (11) assemblé avec des éléments tubulaires de garniture (15), des moyens de mesure de la direction en inclinaison et en azimuth d'une partie pré-forée du puits (16) dans laquelle elle est destinée à être engagée, et des moyens de friction rotative (26, 27) contre la paroi de

cette partie pré-forée, cette garniture étant caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens commandés aptes à modifier le coefficient de frottement des moyens de friction contre cette paroi, en vue de modifier la force latérale transmise par la garniture à forage.

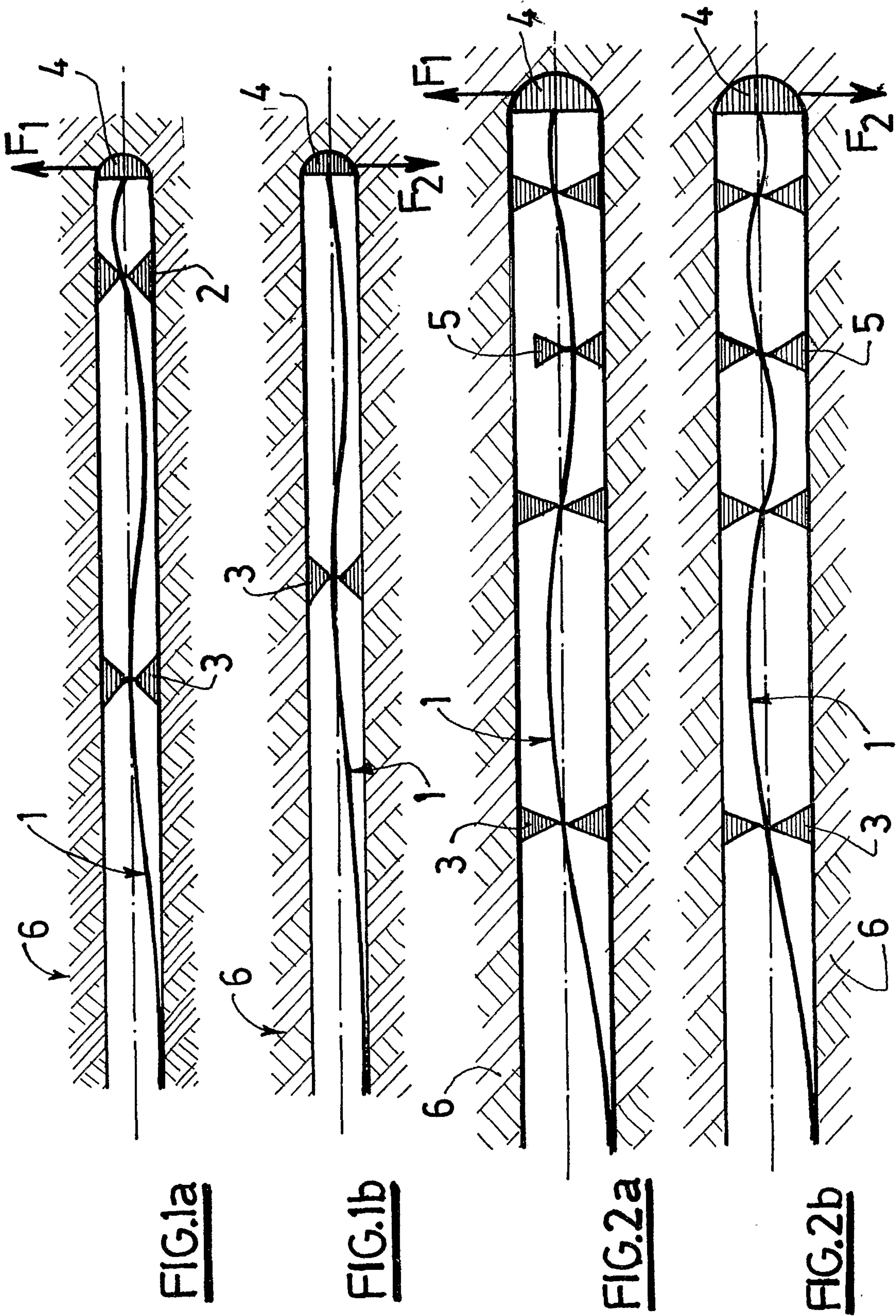
5 6. Garniture selon la revendication 5, caractérisée en ce que les moyens de friction comprennent au moins un élément stabilisateur à géométrie variable, monté libre en rotation par rapport à la garniture (26, 27), et des moyens commandés de liaison en rotation de cet élément stabilisateur avec la garniture.

10 7. Garniture selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'élément stabilisateur à géométrie variable (26, 27) est un élément stabilisateur à diamètre variable.

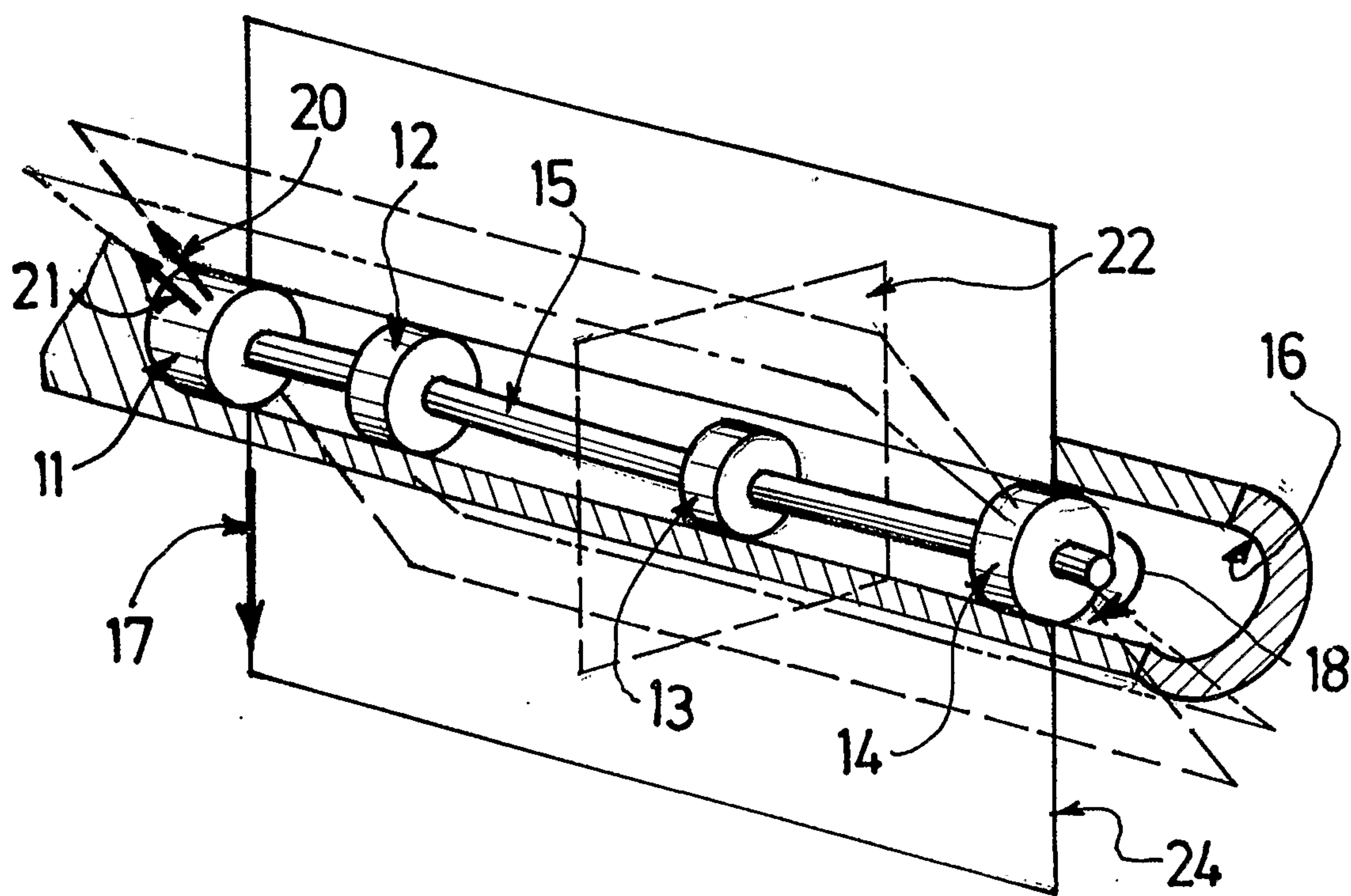
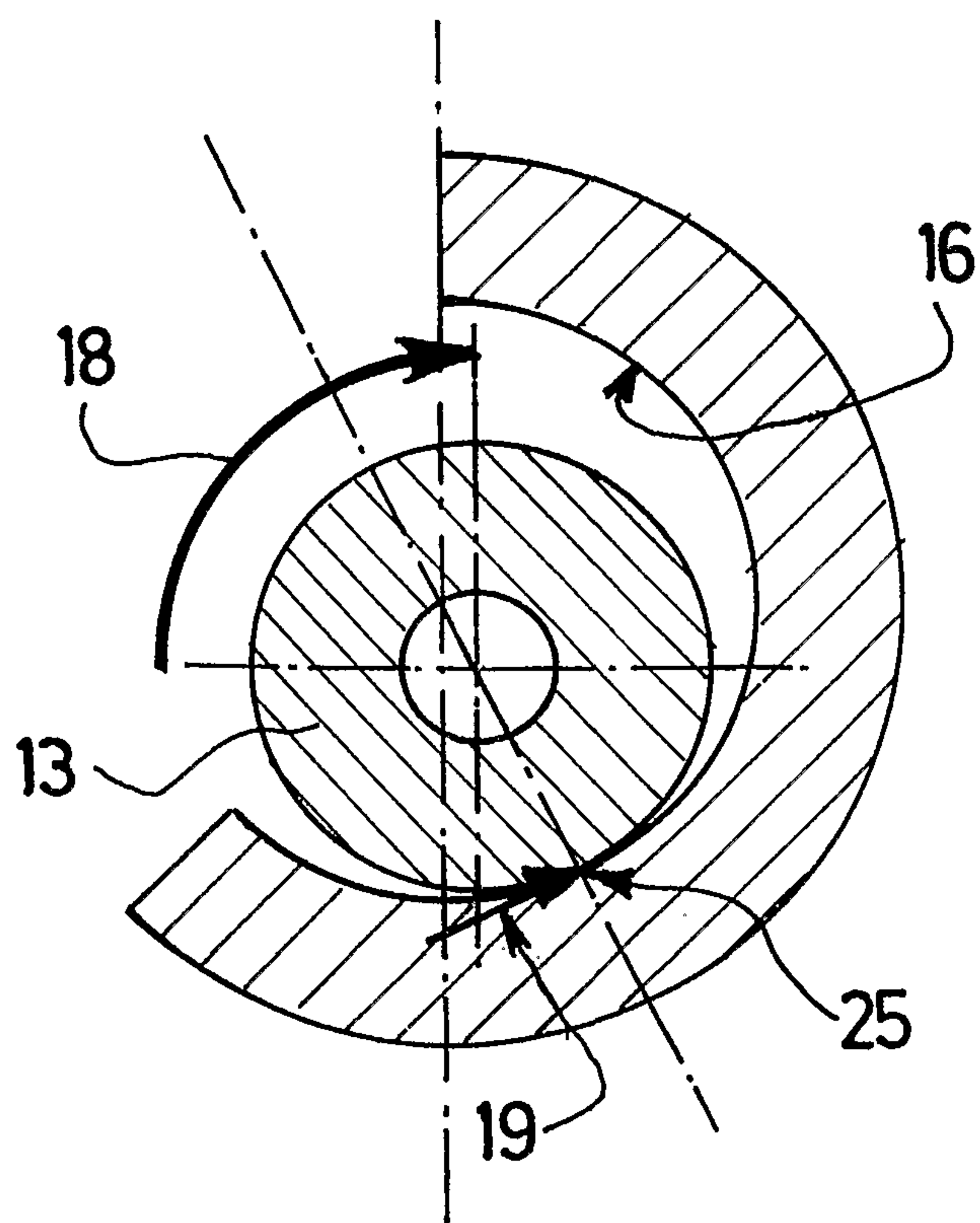
15 8. Garniture selon la revendication 7, caractérisée en ce que les moyens commandés de liaison en rotation de l'élément stabilisateur avec la garniture et les moyens commandant un changement de diamètre du stabilisateur agissent de façon coordonnée.

20 9. Garniture selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que les moyens de liaison sont tels que l'élément stabilisateur (26, 27) peut occuper deux modes distincts, à savoir un premier mode, dans lequel le coefficient de frottement est annulé ou réduit, et un second mode, dans lequel ce coefficient est accru par rapport à celui du premier mode.

1/12



2/12

FIG. 3aFIG. 3b

4/12

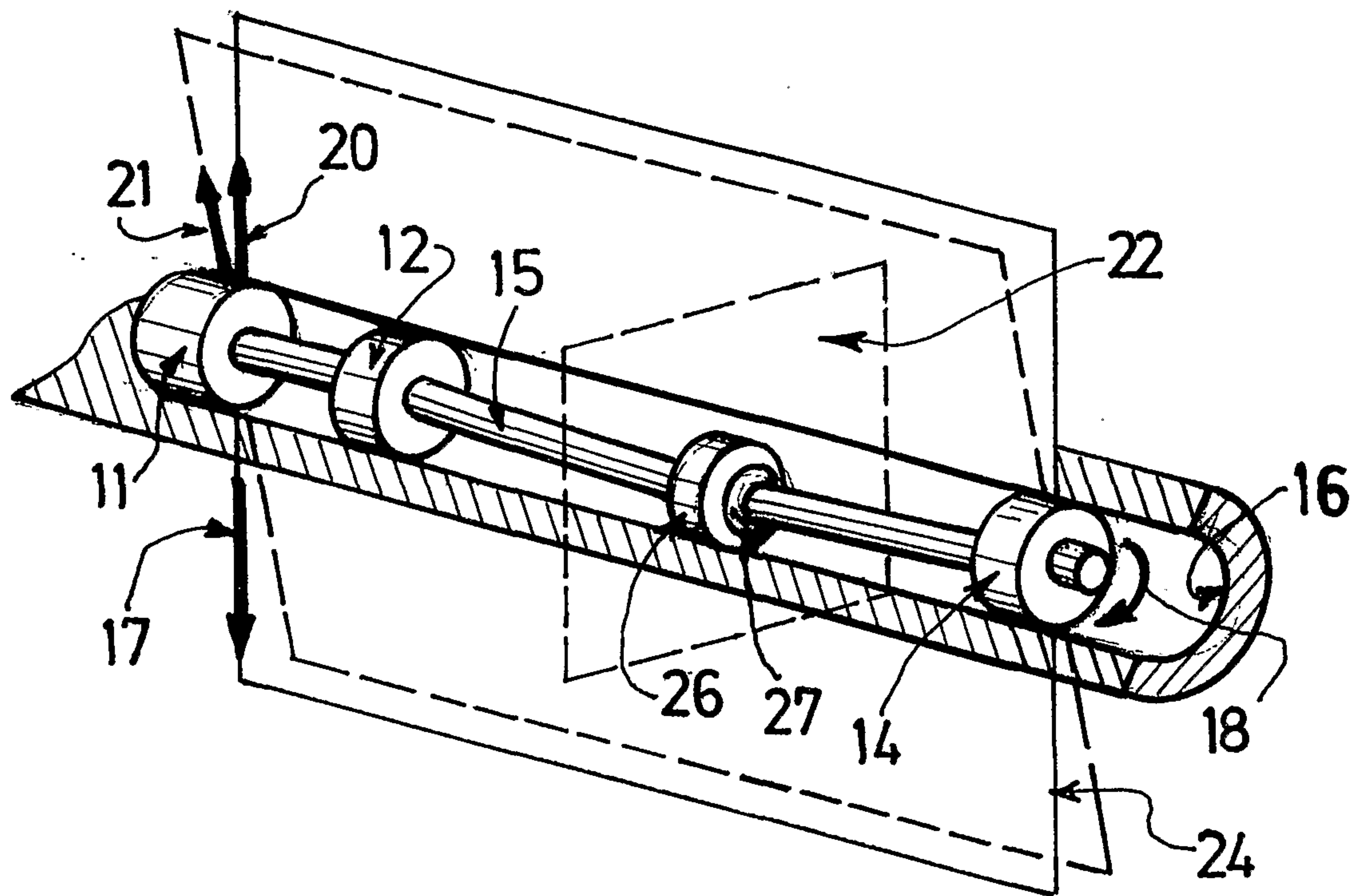


FIG.5a

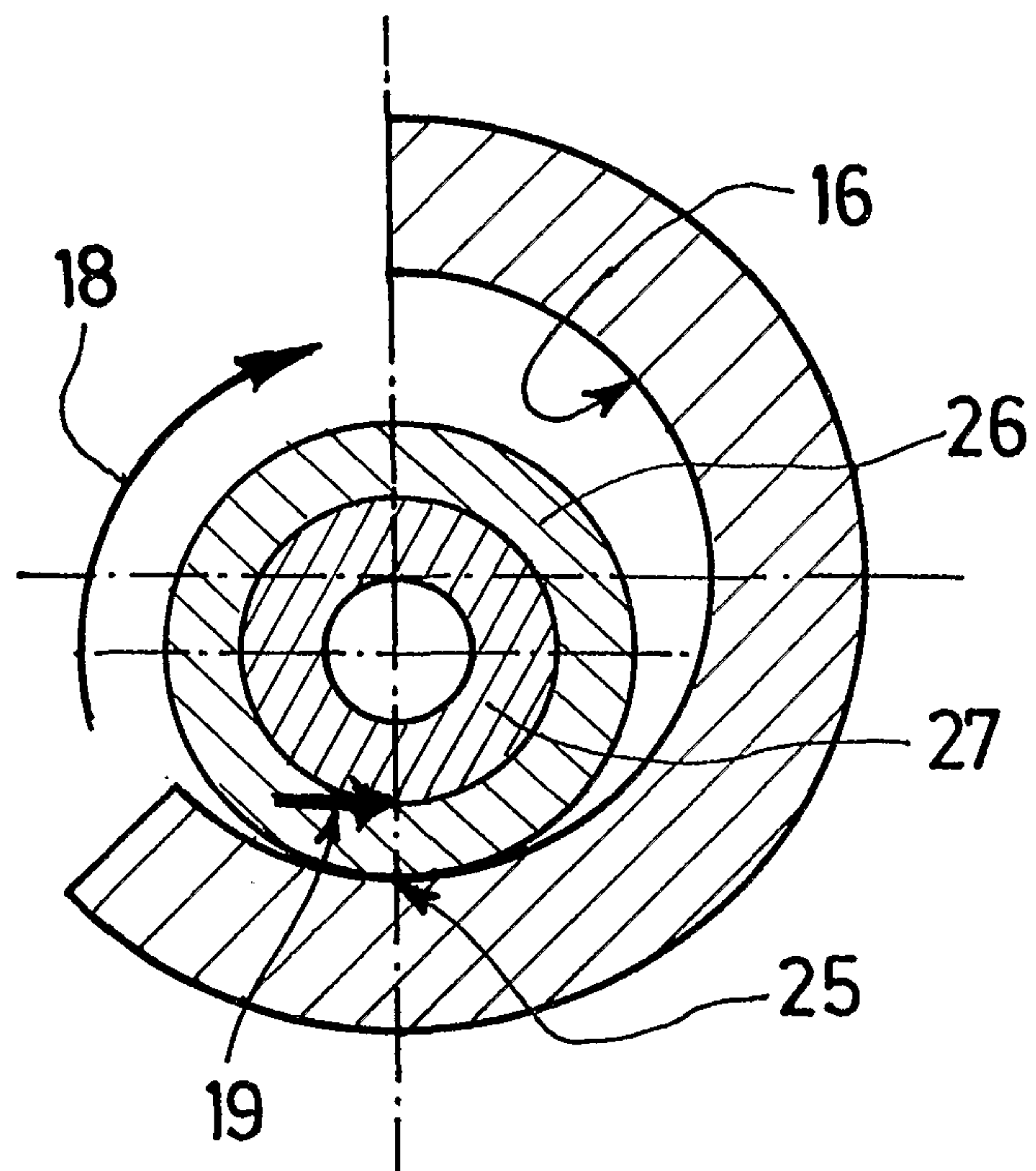
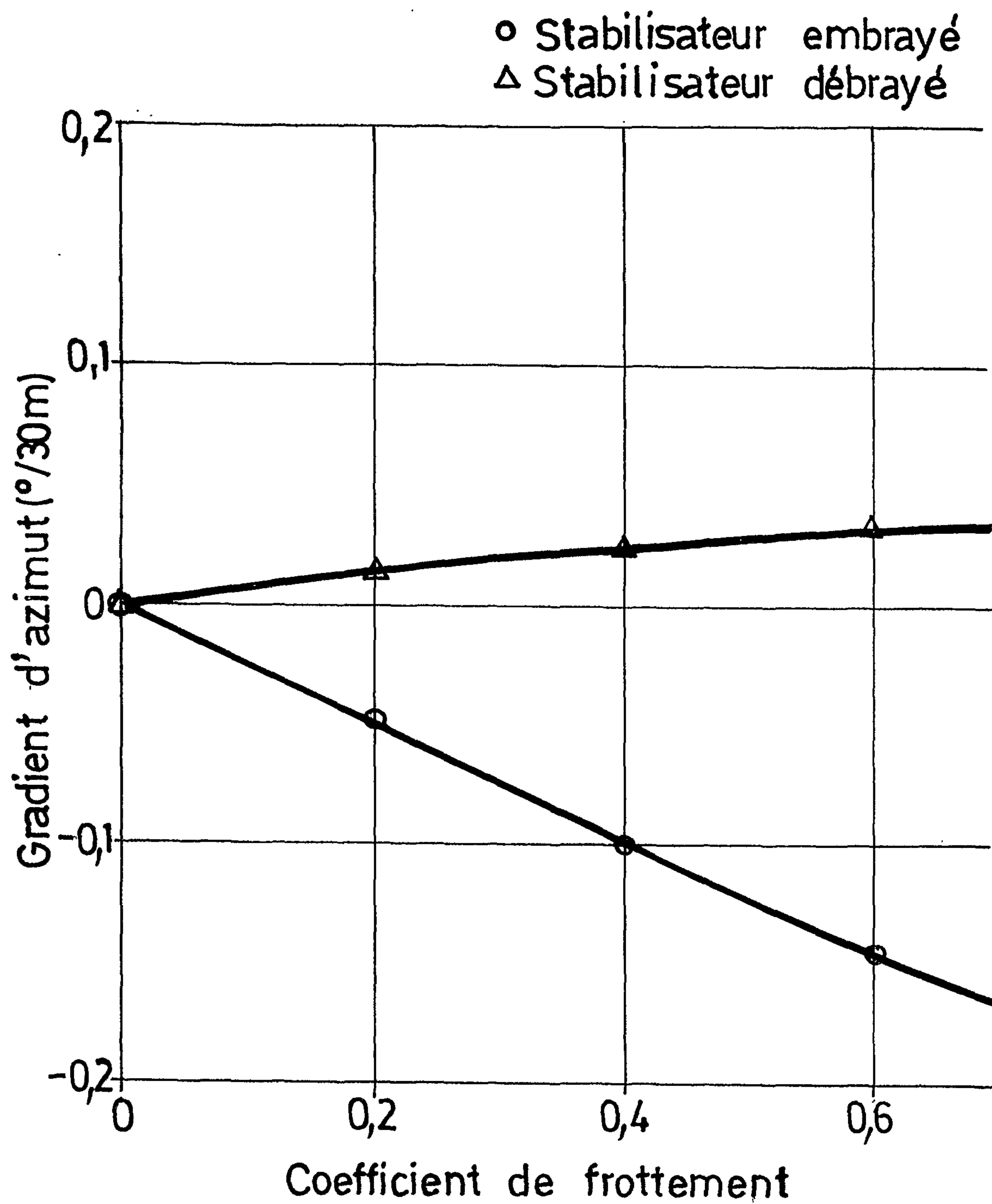
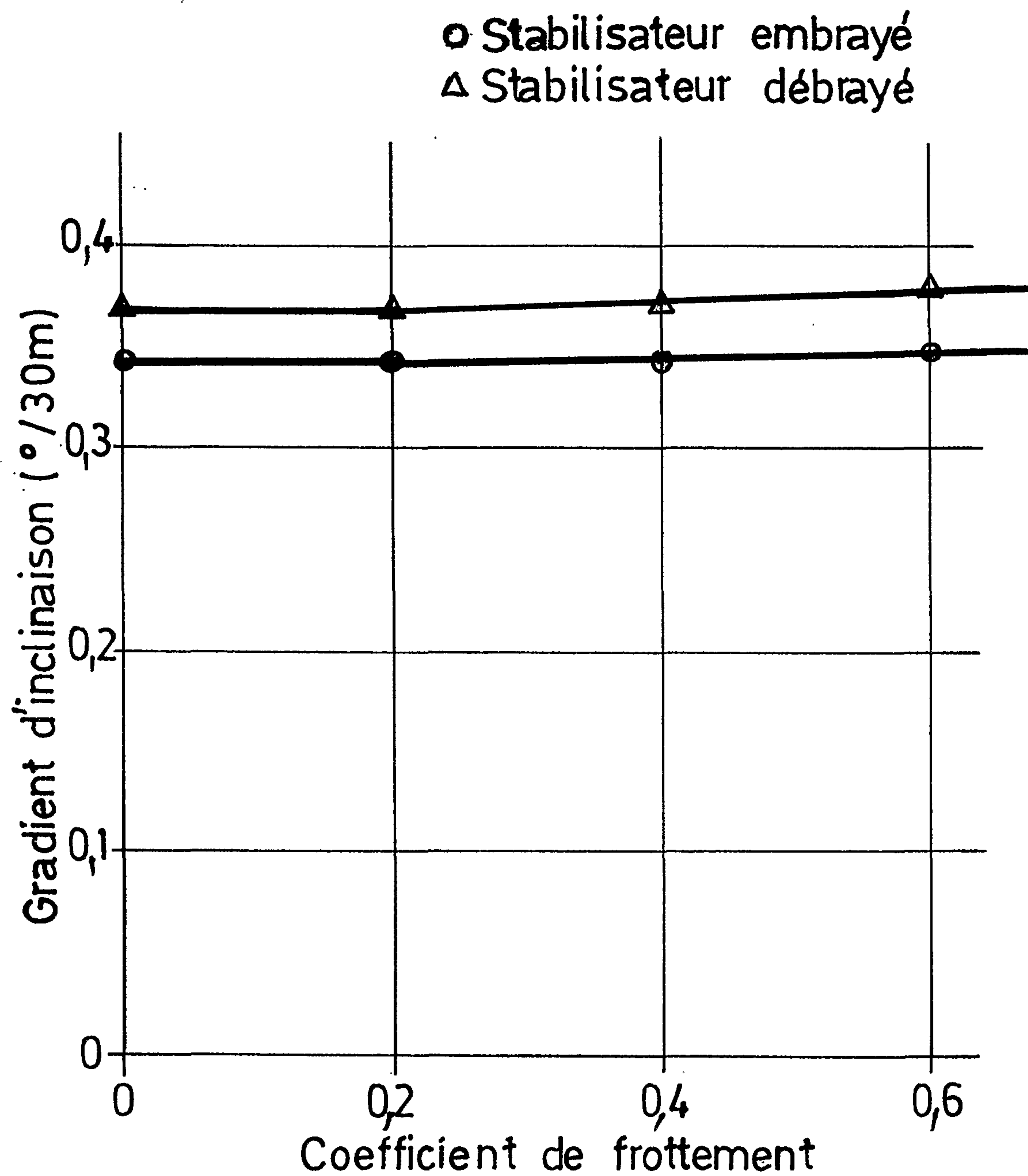


FIG.5b

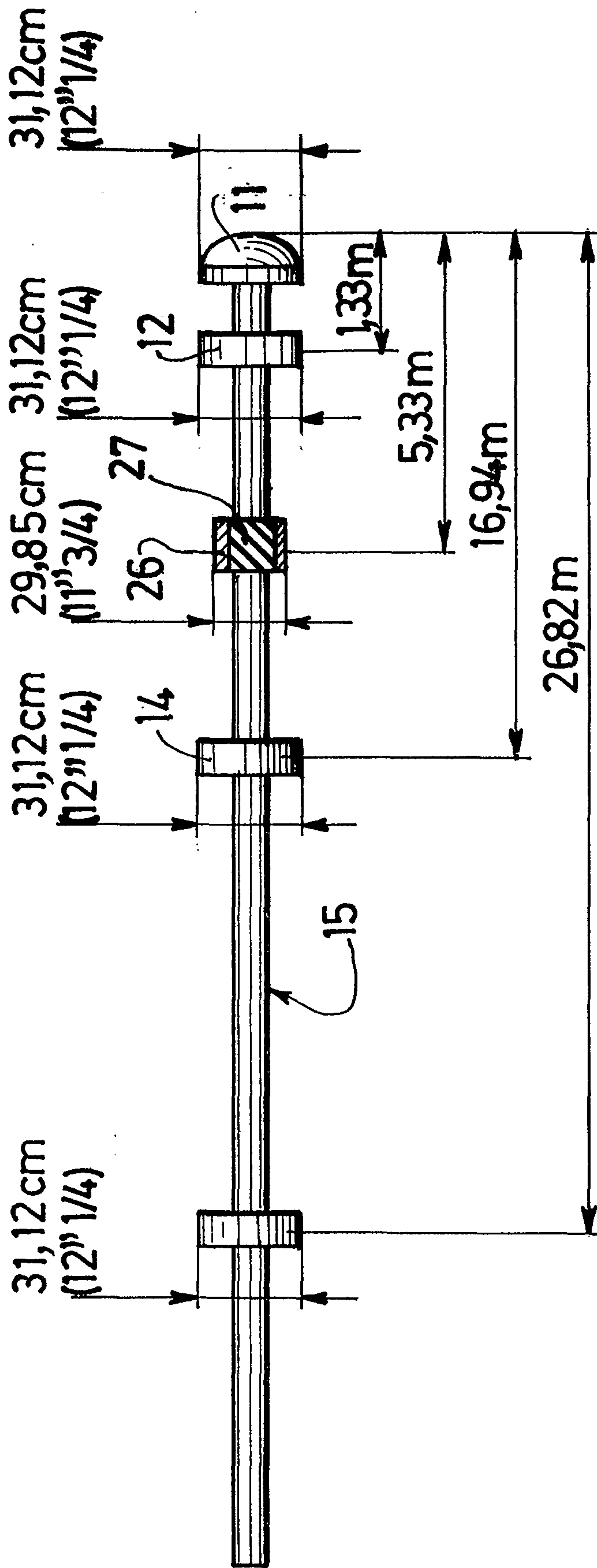
5/12

FIG.6

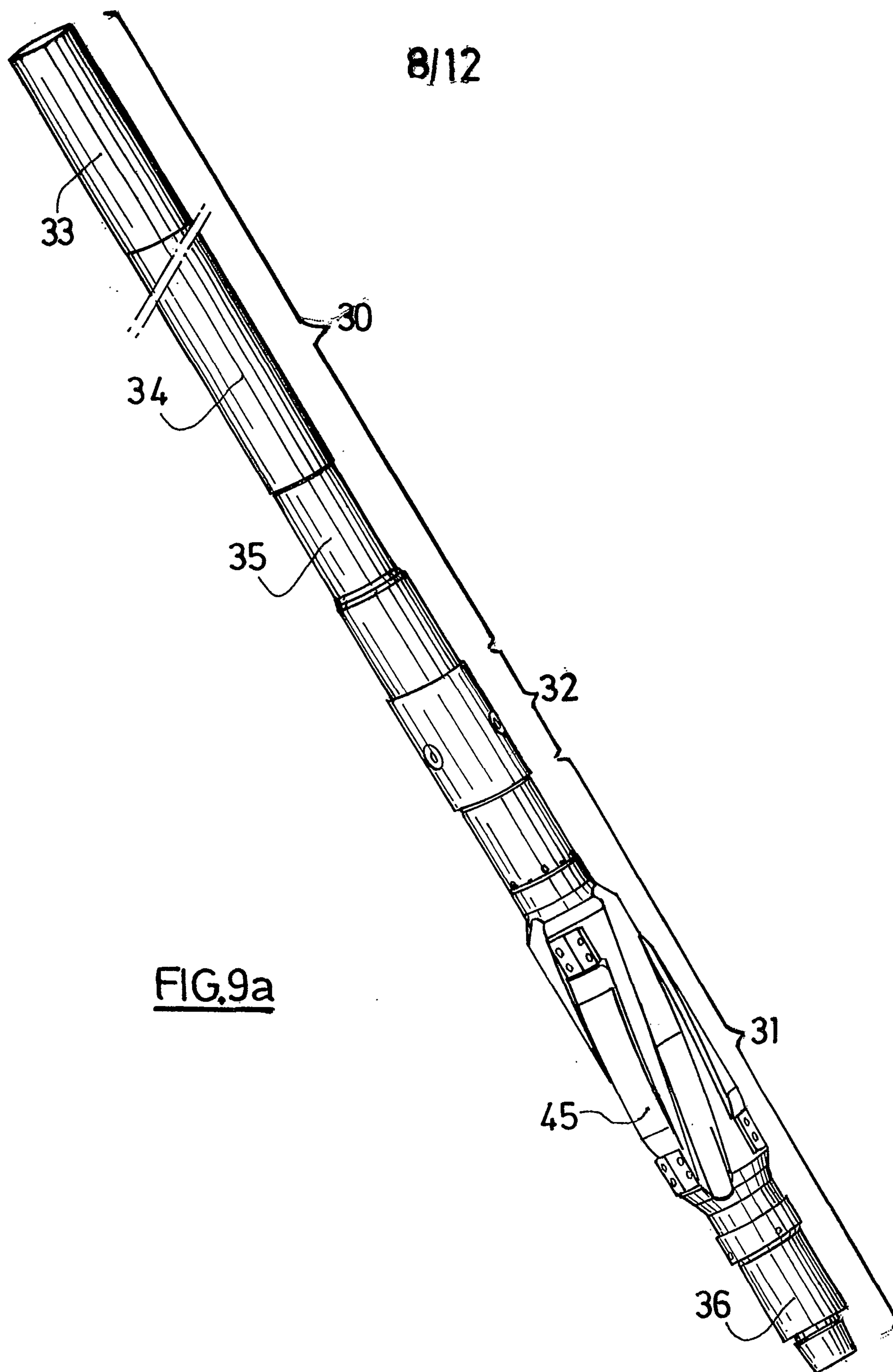
6/12

FIG.7

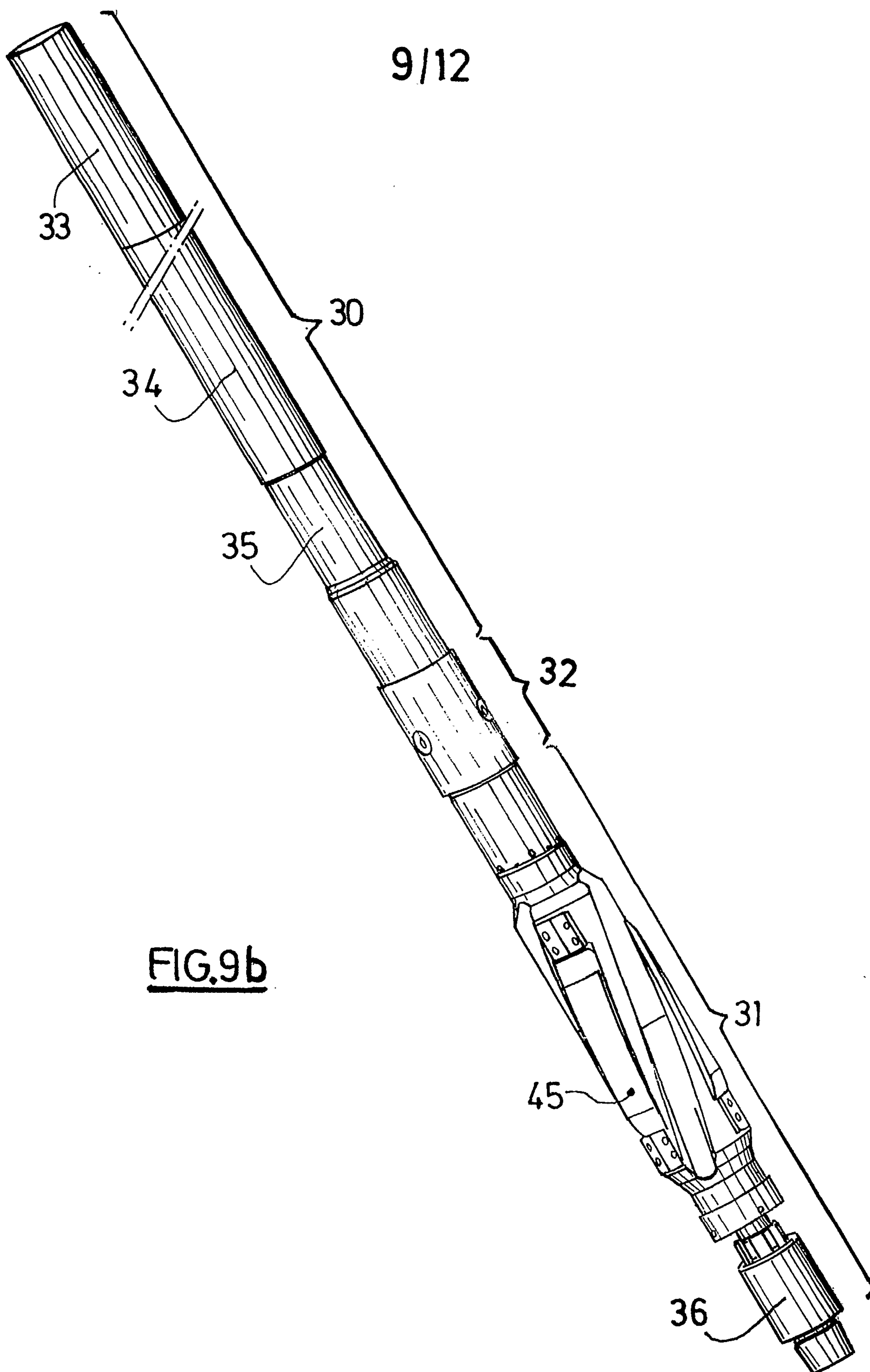
7/12

FIG. 8

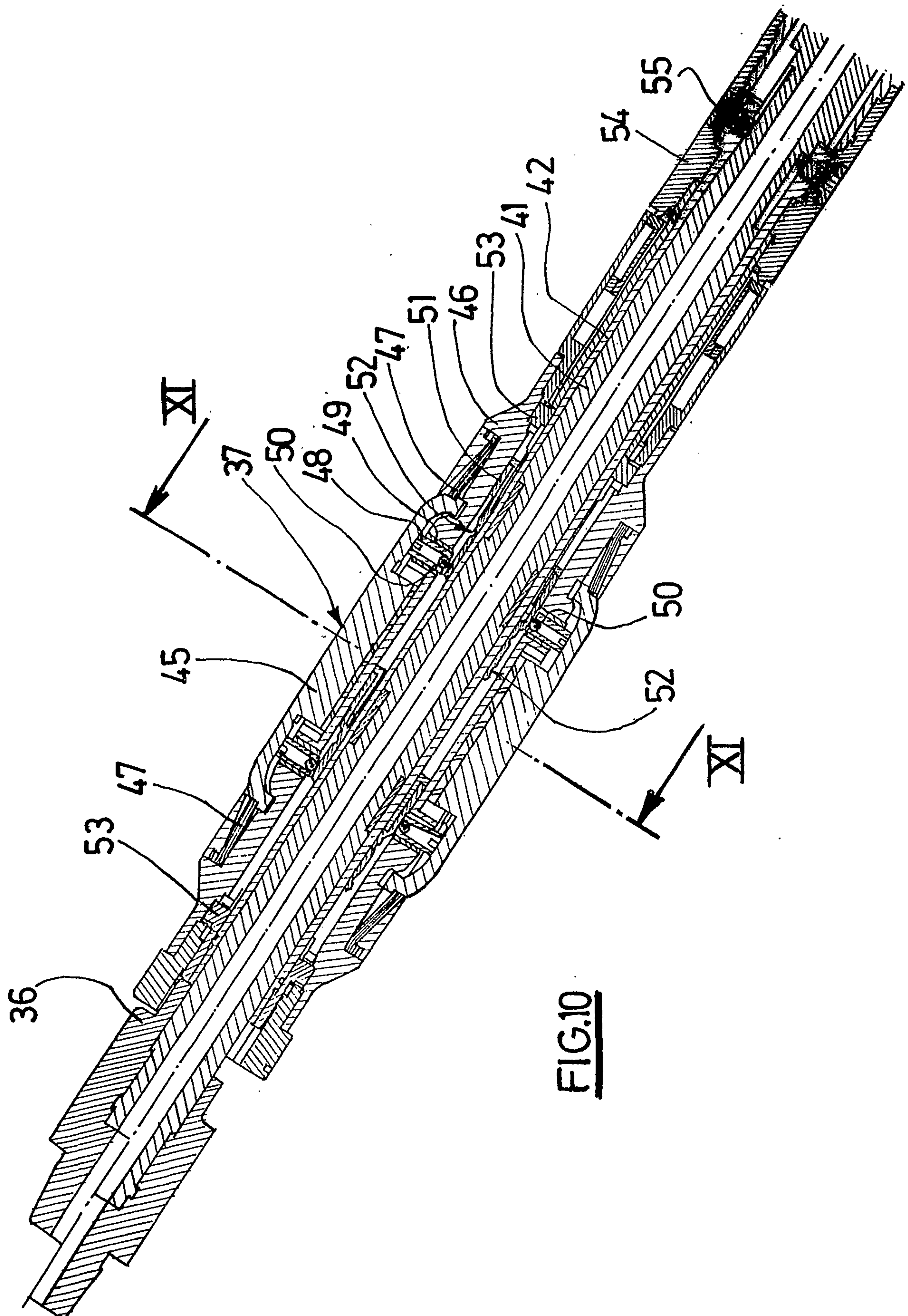
8/12

FIG. 9a

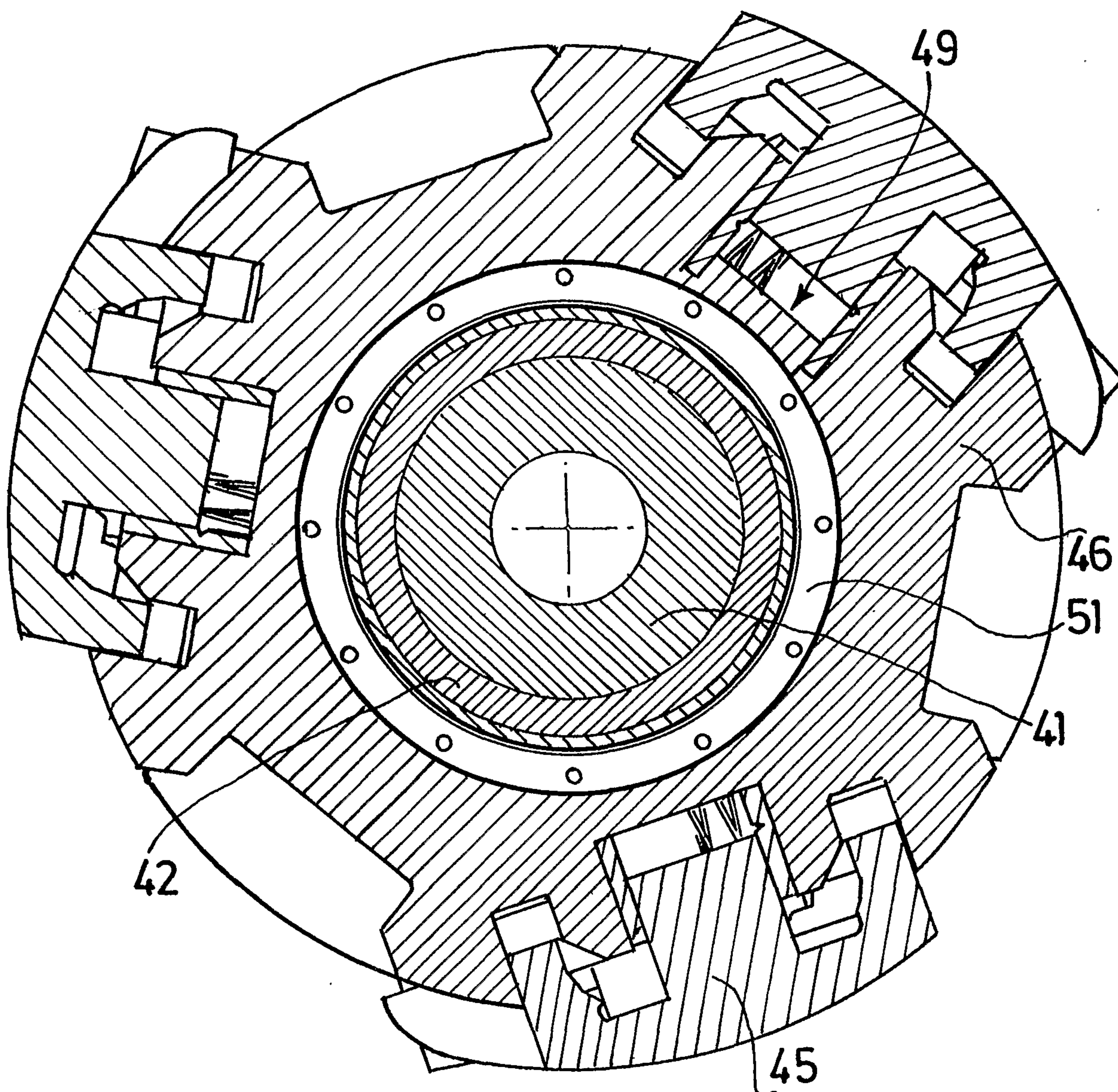
9/12



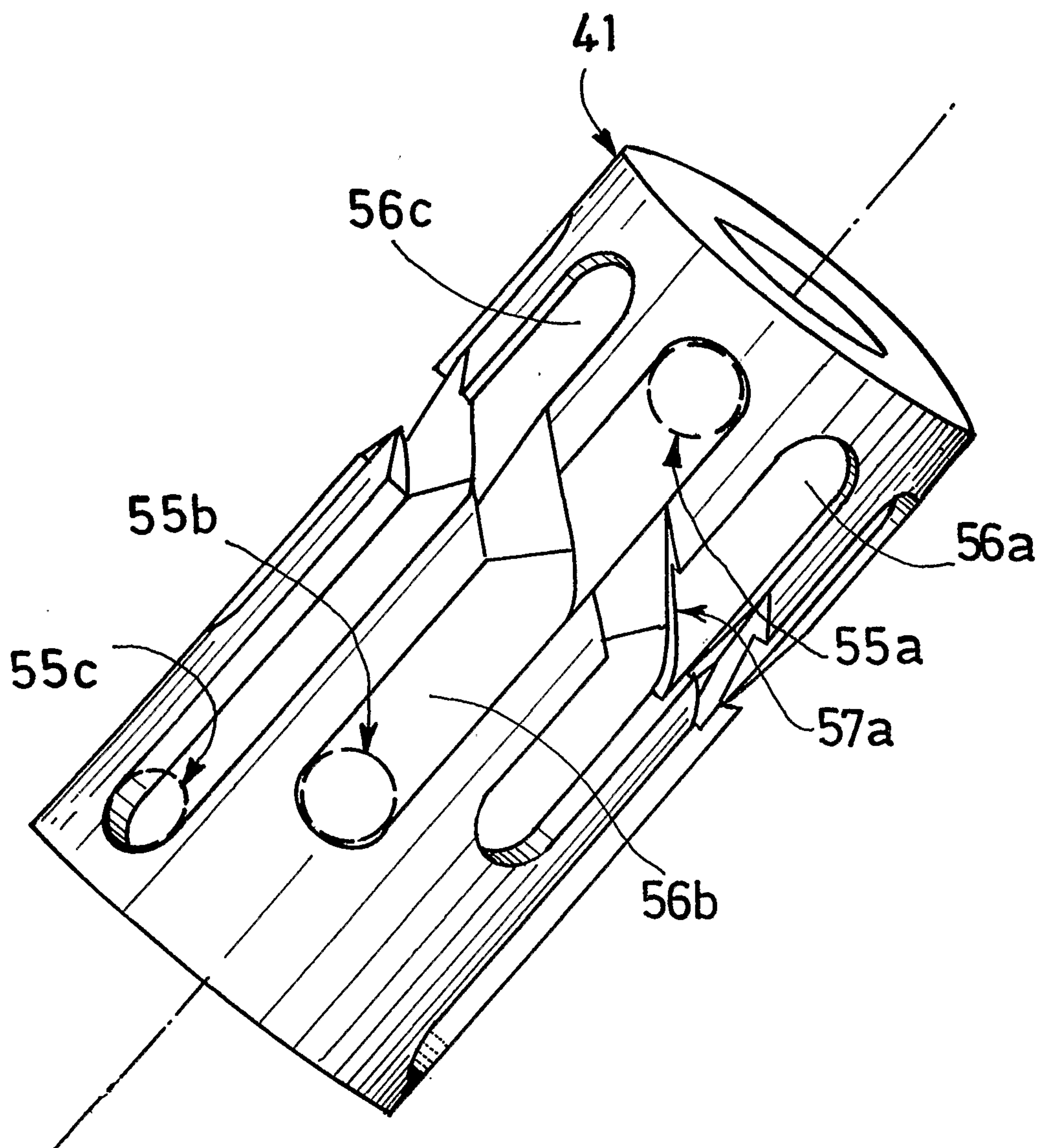
10/12

**FIG. 10**

11/12

FIG.11

12/12

FIG.12

