

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 81 13532

⑤

Outil de forage pour réaliser des sections courbes dans des forages profonds.

⑤

Classification internationale (Int. Cl.³). E 21 B 17/20.

②

Date de dépôt..... 9 juillet 1981.

③③ ③② ③①

Priorité revendiquée : RFA, 12 juillet 1980, n° P 30 26 559.9; 3 mars 1981, n° P 31 07 973.3.

④

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 2 du 15-1-1982.

⑦

Déposant : Société dite : PREUSSAG AG, résidant en RFA.

⑦

Invention de : Arno Steenbock.

⑦

Titulaire : *Idem* ⑦

⑦

Mandataire : André Lemonnier, conseil en brevet,
4, bd Saint-Denis, 75010 Paris.

Outil de forage pour réaliser des sections courbes dans
des forages profonds

L'invention concerne un outil de forage destiné à la
5 réalisation de sections courbes dans des forages profonds au
moyen d'un trépan entraîné par un dispositif d'entraînement
placé à proximité, dit ci-après au fond, qui lui est associé,
ce trépan étant disposé à l'extrémité d'un train de tiges
maintenu fixe à la rotation, outil au moyen duquel on peut
10 déterminer l'inclinaison du trépan par rapport à l'axe du
trou de forage.

Il est connu par l'article "Improved directional drilling
will expand use" de McDonald et al paru dans le périodique
"The oil and gas journal" du 26.2.1979 et par la publication
15 "Dyna-Drill Handbook", 2ème édition, de la société Smith
International Incorporated des USA, mentionnée dans ce
texte, d'utiliser un outil dit raccord coudé (bent sub) pour
réaliser une partie courbe dans un trou de sondage. Cet
outil détermine la formation d'un coude légèrement rigide à
20 l'extrémité inférieure du train de tiges de forage, tandis
qu'un dispositif d'entraînement au fond destiné au trépan
disposé à l'extrémité du train de tiges de forage est monté
dans la zone coudée de ce train de tiges de forage. L'outil
applique, en raison du coude, une contrainte latérale au
25 trépan qui fait qu'au cours du processus de forage l'outil
de forage est soumis à une déviation constante. Mais comme
le train de tiges de forage, le raccord coudé et la partie
du train de tiges de forage se trouvant en dessous et sur
laquelle est monté le dispositif d'entraînement au fond sont
30 en principe rigides, et du fait que la partie coudée présen-
te en outre une longueur relativement importante, la dévia-
tion que l'on obtient n'est que très limitée et il en résul-
te que l'on ne peut obtenir des angles de déviation impor-
tants que sur des sections de grande longueur. Dans l'arti-
35 cle mentionné plus haut, il est indiqué que lorsque le raccord
coudé forme un angle compris entre 0,5 et 2°, on ne peut
obtenir que des déviations de 5° pour chaque trentaine de
mètres.

Or, dans la pratique, on souhaite obtenir des déviations

nettement plus importantes. Dans l'article mentionné, il est indiqué qu'une déviation de 90° est souhaitable sur une profondeur verticale comprise entre environ 300 et 600 m. Il est indiqué que, pour ce faire, des outils spéciaux sont alors
5 nécessaires, mais ces outils ne sont pas décrits plus en détail. A la fin de l'article, il est cependant mentionné à ce sujet qu'un grand nombre de ces outils ne sont pas encore disponibles et ont besoin d'être mis au point.

Toujours dans cet article sont en outre décrits des
10 outils dits "sifflets de déviation" qui sont destinés à la réalisation de déviations dans les forages. Il est précisé que le "sifflet de déviation" est essentiellement constitué par un élément en acier allongé, en forme de coin et concave qui guide et maintient la structure assurant le forage. Le
15 "sifflet de déviation" est ancré fermement dans le trou de forage et le trépan est alors dévié en oblique par rapport au trou de forage sur la surface oblique du sifflet. Mais, dans ce cas également, on ne peut obtenir que de faibles angles de déviation. Il est indiqué que leur utilisation est
20 coûteuse et qu'ils ne doivent donc être utilisés que lorsqu'on ne peut avoir recours à d'autres techniques.

L'article ci-dessus mentionne en outre la possibilité d'obtenir une déviation latérale du train de tiges de forage au moyen de jets de liquide éjectés latéralement. Il est
25 indiqué qu'une déviation latérale de ce type ne peut être utilisée que lorsqu'il s'agit de sédiments très mous. En outre, ce procédé présente l'inconvénient de ne permettre que des angles de déviation très faibles en raison de la rigidité du train de tiges de forage.

30 Enfin, l'article ci-dessus renvoie à un document commercial intitulé "Eastman Whipstock Directional Drilling Catalogs" de la société Eastman-Whipstock Incorporated, Houston, Texas, USA, dans lequel est décrit un outil dit "joint à rotule". Il s'agit d'un joint à rotule soumis à la sollici-
35 tation d'un ressort, monté dans le train de tiges de forage et autorisant une certaine déviation de l'extrémité inférieure de ce train de tiges qui forme alors un angle par rapport à la partie du train de tiges situé au-dessus. Il est en outre indiqué qu'en dehors du cas où on utilise un

outil en forme de coin (sifflet de déviation), il n'est pas possible d'obtenir une déviation dans une direction déterminée du fait que l'orientation du dispositif ne peut être prédéterminée. C'est pourquoi ce dispositif n'est pratiquement pas utilisé actuellement.

On connaît par le brevet US 4 143 722 un dispositif d'entraînement au fond constitué par plusieurs moteurs individuels disposés respectivement axialement les uns derrière les autres dans des éléments de forme tubulaire qui sont reliés les uns aux autres par des tubes flexibles. Les moteurs sont reliés les uns aux autres par des arbres flexibles. Ce dispositif d'entraînement au fond flexible doit permettre d'obtenir la déviation d'un trou de forage en liaison avec un "sifflet de déviation". Mais, sans ce "sifflet de déviation" qui est coûteux, la déviation n'est pas possible. En outre, le train de tiges de forage qui supporte le dispositif d'entraînement au fond tourne pour stabiliser le dispositif d'entraînement flexible quand la courbe a été dépassée et pour éviter une déviation de la direction. La stabilisation par rotation du train de tiges de forage est très imparfaite parce que la vitesse de rotation est très faible. Par ailleurs, il est impossible de faire descendre par gravité le trépan qui est fixé aux éléments flexibles du dispositif d'entraînement au fond, ou d'éviter une déviation dans une autre direction du fait des forces de réaction qui apparaissent lors du forage. De façon générale, quand on utilise cet outil de forage connu, il est impossible de contrôler la direction du forage, ou cela n'est possible que dans des limites très étendues.

On connaît par le brevet français 1 247 454 un outil de forage du type mentionné dans lequel est monté, en dessous du dispositif d'entraînement au fond, un organe pouvant être légèrement dévié latéralement et constituant un palier pour l'axe de rotation du trépan. Cet organe est pourvu, sur un côté, vers le haut, et, sur l'autre côté, vers le bas, d'éléments en caoutchouc gonflables au moyen desquels on peut obtenir une pression latérale. Mais les déviations du trou de forage que l'on peut ainsi obtenir sont faibles et il ne peut en être autrement du fait que ces déviations sont

limitées par l'élasticité de l'extrémité inférieure du train de tiges rigide.

Avec pratiquement tous les dispositifs de forage connus et du fait du type de train de tiges de forage qui est
5 utilisé, les rayons de courbure sont relativement importants et les déviations ne peuvent atteindre 90° que sur des sections verticales dont l'ordre de grandeur est compris entre 600 et 1000 m environ. Pour réduire la longueur du forage il est en outre connu en soi de forer plusieurs
10 branchements à partir d'un même trou de forage. Mais, si l'on tient compte des rayons de courbure importants qui ont été mentionnés ci-dessus, l'économie totale de longueur de forage est relativement faible.

Il serait donc souhaitable, partant d'un trou de forage
15 vertical, d'effectuer des forages ayant un rayon de courbure aussi faible que possible et, par exemple, des forages horizontaux, pour ouvrir par exemple une couche de faible épaisseur contenant des hydrocarbures.

L'invention a pour objet un outil permettant d'atteindre
20 ce but et au moyen duquel il est possible de réaliser des courbures de rayon relativement réduit dans des forages profonds.

La solution au problème posé par l'invention consiste dans le fait que le train de tiges n'est rendu flexible que
25 dans un plan et est constitué par des éléments individuels, reliés les uns aux autres par des axes d'articulation parallèles les uns aux autres, l'avant-dernier élément situé avant le trépan ayant une largeur, au moins dans le plan de la courbure, qui correspond au diamètre du trépan, et dans
30 le fait que l'on peut régler l'inclinaison du trépan par rapport à l'axe du trou de forage en fixant la position angulaire, par rapport à l'avant-dernier élément, de l'élément du train de tiges qui est situé immédiatement avant le trépan et qui constitue pour celui-ci un palier de rotation.

35 Par opposition à l'état actuel de la technique selon lequel, lorsqu'il s'agit d'un train de tiges de forage rigide, ne tournant pas et comprenant un dispositif d'entraînement au fond, l'extrémité supérieure du train de tiges forme un angle faible par rapport au train de tiges situé à

l'avant, ou bien lorsqu'il s'agit d'un train de tiges rotatif, on prévoit un joint à rotule ne permettant pas de déterminer la direction du forage, on utilise pour la première fois, selon l'invention, un train de tiges de forage flexible qui n'est flexible que dans un plan et qui permet de fortes courbes. Le plan de la déviation peut être déterminé par exemple par une position angulaire déterminable à la surface du sol du train de tiges de forage lequel peut se raccorder vers le haut à un train de tiges rigide important.

10 Ceci permet de mettre économiquement un gisement en exploitation, sous forme d'une étoile, en partant d'un trou de forage et au moyen de plusieurs trous de forage horizontaux ou déviés selon un angle déterminé avec précision.

La flexibilité des tiges dans un plan unique est obtenue du fait que les éléments du train de tiges flexible sont reliés les uns aux autres par l'intermédiaire d'axes d'articulation qui sont parallèles les uns aux autres. Ces axes d'articulation permettent un alignement des éléments individuels dans le plan de déviation si précis que, même lorsque le train de tiges de forage flexible est d'une grande longueur, il n'est pas possible qu'apparaissent des déviations latérales indésirables, par exemple du fait des forces de réaction du trépan ou analogue.

Comme la direction du forage est déterminée de façon décisive par les deux derniers éléments et l'élément situé le plus près du trépan, on prévoit des moyens fixant la position angulaire de ces deux éléments l'un par rapport à l'autre dans le plan de la déviation et, de ce fait, la direction du forage du trépan. Il est alors en principe possible de définir la position angulaire du dernier élément par rapport à l'avant-dernier, ou de l'avant-dernier élément par rapport au dernier, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à une autre technique. L'avant-dernier élément peut servir de position de base de référence. Du fait que cet avant-dernier élément occupe une position définie à l'intérieur du trou de forage, il possède, selon l'enseignement de l'invention et du moins dans le plan de la courbure, une largeur qui correspond au diamètre du trépan. Il est donc ainsi au moins partiellement guidé et maintenu dans le trou

de forage d'une façon suffisamment étroite pour que sa position, et de ce fait aussi celle de l'axe d'articulation entre les deux éléments, soit déterminée pour l'essentiel perpendiculairement à la direction de l'axe et du tracé en 5 longueur du trou de forage.

Mais il est également possible de déterminer la position angulaire du dernier élément par rapport à la position définie de l'avant-dernier élément. Le dernier élément comprend le palier de rotation de l'axe du trépan, ce qui 10 permet de déterminer également la direction de forage de ce trépan.

Sur ce principe, il existe plusieurs possibilités pour réaliser les moyens déterminant la position angulaire des deux derniers éléments. Une possibilité consiste à prévoir 15 sur le dernier élément une surface d'appui écartée de l'axe de pivotement entre les deux éléments, par exemple sous la forme d'un patin situé à une distance du plan défini par l'axe de rotation du trépan et l'axe d'articulation entre le premier et le second éléments telle que le trépan soit dévié 20 naturellement de sa course qui est essentiellement déterminée par son axe de rotation, ce qui permet de contrôler la position angulaire relative du dernier élément et du trépan par rapport à l'avant-dernier élément qui est guidé. Cette surface d'appui est, dans la direction mentionnée, à une 25 distance de l'axe de rotation du trépan qui est légèrement plus importante que le rayon du trépan ou du trou de forage qui est creusé. On part dans ce cas d'une position sensiblement médiane pour l'axe d'articulation entre les deux derniers éléments. Si l'axe d'articulation est excentré en 30 direction du côté externe de la courbure, la distance mentionnée entre la surface d'appui et l'axe de rotation du trépan peut être réduite en conséquence. Naturellement, cette distance de la surface d'appui dépend également de la distance séparant cette surface d'appui du trépan. Mais ces rapports géométriques peuvent être facilement déterminés par 35 l'homme de l'art en partant des bases de l'enseignement de la présente invention.

Une autre possibilité pour déterminer la position angulaire du dernier élément par rapport à l'avant-dernier

consiste à disposer excentriquement l'axe d'articulation entre le dernier et l'avant-dernier élément et à prévoir une butée entre les deux éléments qui limite le mouvement de basculement en direction du centre de courbure provoqué par la disposition excentrée en combinaison avec la pression axiale exercée par le trépan. Dans ce mode de réalisation, l'angle entre les deux derniers éléments, et de ce fait l'importance de la courbure du trou qui est foré, dépend dans une certaine mesure de la pression du forage que l'on peut contrôler. En contrôlant la pression du forage, on peut donc avoir dans une certaine mesure une influence sur l'importance de la courbure du trou qui est foré.

Une autre possibilité pour obtenir un angle entre les deux derniers éléments consiste à disposer un ressort entre l'avant-dernier et le dernier élément,, ressort qui pousse ce dernier en direction du centre de courbure. La position angulaire est donc indépendante de la forme du trou de forage à ce niveau, ce qui fait qu'il est en principe possible, en partant d'un point quelconque d'un trou de forage rectiligne, d'amorcer un forage en dérivation présentant une forte courbure. On peut donc, sans outils additionnels tels que des coins ou analogues, réaliser, en partant par exemple d'un trou de forage vertical, un certain nombre de trous de forage en étoile, par exemple selon une nappe horizontale.

Selon un autre développement de l'invention, les éléments individuels du train de tiges sont constitués sous forme tubulaire et sont en contact par dessus ou par dessous dans la zone des axes d'articulation. De ce fait on obtient une partie externe lisse, ce qui facilite la poussée vers l'avant et également le retrait d'un trou de forage courbe. Il est alors particulièrement avantageux que les éléments soient étroitement reliés les uns aux autres de manière à constituer une conduite de curage de sondage.

Selon un autre développement de l'invention, une section d'un arbre d'entraînement flexible destiné au trépan est monté à rotation à l'intérieur de chaque élément, les sections de l'arbre étant reliées les unes aux autres, dans la zone des axes d'articulation, par des joints de cardan.

Selon une autre caractéristique des formes de réalisation,

lorsque l'angle entre les deux derniers éléments est obtenu soit au moyen d'un patin sur le dernier élément, soit au moyen d'un ressort monté entre les deux derniers éléments, les éléments présentent des butées se faisant face lesquelles
5 limitent le mouvement des éléments en direction du centre de courbure. On définit ainsi avec précision la valeur de la courbure obtenue.

Grâce au train de tiges de forage flexible selon l'invention, il est en principe possible d'imposer au train de
10 tiges de forage, dans le plan de la flexibilité et en partant d'une ligne droite, une courbure dans les deux directions. Dans la pratique, il est cependant avantageux que la courbure ne soit possible que dans une seule direction. Selon une autre forme de réalisation de l'invention, les
15 éléments sont pourvus pour cette raison de butées se faisant face qui interdisent le mouvement des éléments dans le sens contraire à celui de la direction de courbure désirée.

Selon l'invention, le dispositif d'entraînement au fond peut être disposé entre le train de tiges flexible et un
20 train de tiges pratiquement rigide qui se raccorde au premier, le trépan et le dispositif d'entraînement au fond étant alors reliés naturellement par l'intermédiaire d'un arbre d'entraînement flexible constitué par des sections d'arbre individuelles qui passent à l'intérieur du train de
25 tiges flexible. Grâce à cette forme de réalisation, le dispositif d'entraînement au fond peut être rigide, être monté en particulier à l'extrémité inférieure du train de tiges de forage rigide et avoir une longueur plus importante que la longueur des éléments du train de tiges flexible. Le
30 dispositif d'entraînement au fond est alors plus simple à réaliser.

Mais il est également possible de monter le dispositif d'entraînement au fond entre le train de tiges flexible et le trépan, ce qui rend inutile un arbre flexible. Avantageusement,
35 le dispositif d'entraînement au fond est alors constitué par plusieurs moteurs individuels qui sont montés dans des éléments correspondants aux éléments du train de tiges flexible et dont les arbres d'entraînement sont reliés par des joints de cardan. On limite ainsi le nombre

d'accouplements flexibles du dispositif d'entraînement, donc entre les moteurs individuels, au minimum.

L'invention sera maintenant expliquée plus en détail à l'aide des dessins ci-annexés dans lesquels:

5

la figure 1 est une vue schématique en coupe d'une partie d'un trou de forage courbe dans lequel se trouve un outil selon une forme de réalisation de l'invention; la figure 2 est une coupe par II-II de la figure 1; la figure 3 10 est une coupe par III-III de la figure 1; la figure 4 correspond à la partie inférieure de la figure 1 et représente un autre mode de réalisation de l'invention; la figure 5 correspond à la vue de la figure 4 et représente un autre exemple de réalisation de l'invention; la figure 6 corres- 15 pond à la vue de la figure 1 et représente une autre forme de réalisation dans laquelle le dispositif d'entraînement au fond est disposé entre le trépan et le train de tiges flexible, et les figures 7 et 8 sont des vues partielles de la figure 6 et représentent une autre forme de réalisation dans 20 laquelle est prévu un tube d'étanchéité.

La figure 1 est une coupe d'un trou de forage 1 dans lequel est disposé un outil selon l'invention, fixé à la partie inférieure d'un train de tiges 2 vertical, lequel ne tourne pas et peut être réglé en position angulaire. L'outil 25 est constitué par un dispositif d'entraînement au fond 3 monté à l'extrémité du train de tiges 2 et constitué par exemple par une turbine. Le dispositif d'entraînement au fond 3 est relié par l'intermédiaire d'un train de tiges flexible 4 à un trépan de forage 5 qui est monté dans un palier de rota- 30 tion non représenté constitué dans le dernier élément 6 du train de tiges flexible 4. L'axe 7 du trépan 5 est indiqué par un trait mixte.

Les éléments individuels 8 du train de tiges flexible sont reliés les uns aux autres de façon articulée par des 35 axes d'articulation 9 de manière qu'ils ne puissent se déplacer les uns par rapport aux autres que dans un plan unique qui correspond au plan du dessin sur la figure 1. Les éléments 8 ont une section légèrement plus faible que celle du trou de forage 1, ce qui fait qu'ils peuvent être

facilement avancés et reculés dans la partie courbe du trou de forage 1. Comme on peut le voir d'après la figure 2 qui représente une coupe par II-II de la figure 1, l'élément 8, ainsi que les autres éléments, se présente sous une forme
5 sensiblement tubulaire et comprend à sa partie inférieure deux patins 10 au moyen desquels les éléments s'appuient, du fait de la pression de forage, contre la paroi du trou de forage 1 situés sur le côté extérieur de la courbure et peuvent glisser avec un minimum de frottement. En outre, ce
10 type de construction réserve un espace suffisant pour le reflux de l'eau de curage de sondage.

On peut voir l'intérieur des éléments dans une découpe en ovale 11. Dans les éléments 8 passe un arbre d'entraînement flexible constitué par des éléments d'arbre individuels
15 12 qui sont reliés les uns aux autres par l'intermédiaire de joints de cardan 13 qui sont disposés dans la zone des axes d'articulation 9. Les éléments d'arbre individuels 12 sont montés dans des supports en étoile 14, comme on peut le voir clairement en particulier sur la figure 2, ce qui permet de
20 constituer une chambre continue 15 qui peut servir de conduite de curage du forage. Les éléments individuels sont raccordés les uns aux autres de façon étanche au moyen de lèvres 16 ou de saillies 17 en formant une surface sensiblement sphérique permettant de constituer une conduite de
25 curage du forage flexible.

L'avant-dernier élément 18 du train de tiges flexible 4 est constitué exactement de la même manière que les éléments situés avant lui mais comprend un patin 19 qui est situé à
30 l'élément 18 qui correspond sensiblement au diamètre maximal du trépan 5 ou du trou de forage 1, ce qui fait que la position de l'élément 18, et de ce fait également de l'axe d'articulation 20 entre les deux derniers éléments, est définie à l'intérieur du trou de forage 1. Ceci est représenté
35 de façon particulièrement claire à la figure 3 qui est une coupe par III-III de la figure 1.

Le dernier élément 6 comprend une surface d'appui 22 définie par un patin 21 disposé sur le côté tourné à l'opposé du patin 19 dans la zone du côté extérieur de la courbure.

La surface d'appui 22 est située à une distance de l'axe 7 du trépan 5 qui est légèrement plus grande que le rayon du trépan 5. De ce fait, le dernier élément 6 et par suite également l'axe 7 du trépan 5 monté à l'intérieur sont
5 soumis à une pression qui s'exerce dans une direction inclinée par rapport à l'élément 18. Cette direction inclinée est maintenue positivement pendant l'avance du forage, ce qui permet de maintenir la courbure pendant le forage.

Lorsque la direction désirée pour le trépan 5 est atteinte, on peut poursuivre le forage au moyen d'un train de
10 tiges flexible correspondant au train de tiges flexible 4 mais dont le dernier élément 6 est manquant ou ne comporte pas de patin 21, ce qui fait qu'il est en alignement avec l'organe 18 et forme avec ce dernier un angle nul de sorte
15 que la direction du forage est rectiligne.

Entre tous les éléments 6, 8 et 18 sont respectivement prévus, sur le côté situé à l'intérieur de la courbure, des butées 23 et 24 qui limitent la courbure maximale possible. Sur le côté situé à l'extérieur de la courbure sont prévues
20 des butées 25 et 26 écartées d'une distance telle que le train de tiges flexible 4 ne peut passer de l'autre côté par rapport à la direction rectiligne.

La figure 4 représente l'extrémité inférieure du dispositif de la figure 1, les mêmes parties étant désignées par
25 les mêmes références. Mais, contrairement à la forme de réalisation de la figure 1, l'axe d'articulation entre le dernier élément 6 et l'avant-dernier élément 18 est excentré, c'est-à-dire décalé par rapport à la courbure en direction de l'extérieur. La pression de forage qui s'exerce sur
30 l'axe 7 crée ainsi un couple de rotation qui fait basculer l'élément 6 dans le sens désiré en direction du centre de courbure, jusqu'à ce que les butées 23 et 24 viennent s'appliquer l'une contre l'autre. A la différence de la forme de réalisation de la figure 1, l'élément 6 ne comprend pas de
35 patin 21 et de surface d'appui 22.

Comme la figure 4, la figure 5 représente la partie inférieure du dispositif de la figure 1 et les mêmes parties sont désignées par les mêmes références. Par différence avec le mode de réalisation de la figure 1, le patin 21 et sa

surface d'appui 22 n'existent plus et il est prévu par contre, sur le côté de l'axe d'articulation 20 situé du côté extérieur de la courbure, un ressort de compression 27 qui fait basculer l'élément 6 par rapport à l'élément 18 indépendamment de la pression de forage et qui applique les butées 23 et 24 l'une contre l'autre.

Si on désire utiliser les formes de réalisation des figures 1 et 4 pour creuser une dérivation à partir d'un trou de forage vertical, il est en règle générale avantageux d'utiliser pour guider la dérivation un élément en coin connu en soi. Un élément en coin de ce type n'est pas absolument nécessaire dans le cas de la forme de réalisation de la figure 5 du fait que le ressort 27, qui peut d'ailleurs être remplacé par un dispositif à pression hydraulique, repousse latéralement la partie inférieure du train de tiges et détermine de ce fait l'amorçage d'un trou de forage dévié par rapport au trou de forage vertical.

La figure 6 correspond dans l'essentiel à la figure 1 mais elle représente cependant une autre forme de réalisation dans laquelle un dispositif d'entraînement au fond constitué par des moteurs 31, 32 et 33, est monté dans les éléments 28, 29 et 30 entre le trépan 5 ou un élément 6 comprenant un dispositif de support pour le trépan 5 et les autres éléments 8 reliés les uns aux autres de façon articulée par l'intermédiaire d'axes d'articulation 9 et appartenant au train de tiges flexible 4, ce qui fait qu'il n'est plus nécessaire qu'un arbre flexible soit disposé à l'intérieur des éléments. On réduit ainsi le prix de revient du dispositif et le risque d'usure. Les arbres d'entraînement des moteurs individuels 31, 32 et 33 sont reliés les uns aux autres par l'intermédiaire de joints de cardan 34, alors que le moteur 33 qui est le plus proche du trépan 5 est relié à l'arbre d'entraînement de ce trépan 5 par l'intermédiaire d'un joint de cardan correspondant au joint de cardan 34 et masqué par l'axe d'articulation 9 sur le dessin. Les éléments 28, 29, 30 et 6 sont reliés les uns aux autres par l'intermédiaire d'axes d'articulation 9 de la même manière que les éléments 8, 18 et 6 du mode de réalisation de la figure 1, et l'élément 30 est pourvu d'un patin 19 comme l'élément 18.

Les éléments 28, 29, 30 et 6 sont également pourvus de butées 23 à 26 comme dans la forme de réalisation de la figure 1, ces butées n'étant pas indiquées par des références sur la figure 6 pour des raisons de clarté. En outre, 5 les mesures constructives expliquées avec référence aux figures 4 et 5 peuvent être prévues de manière analogue entre le dernier élément 30 du dispositif d'entraînement au fond et l'élément 6.

La figure 7 représente une partie de la figure 6 et 10 quelques éléments 8 sur lesquels est disposée une gaine continue 35 qui relie de façon étanche les éléments 8 les uns aux autres de manière qu'ils soient protégés, de même en particulier que les espaces intermédiaires qui les séparent, et ceci de façon si étanche que lorsqu'on utilise la partie 15 interne des éléments 8 comme conduite de curage, l'eau de curage du forage ne puisse pénétrer dans les espaces intermédiaires séparant les éléments.

La figure 8 représente comme la figure 7 un dispositif d'étanchéité constitué par une gaine 36, cette gaine étant 20 cependant dans ce cas disposée à l'intérieur des éléments 8 de manière qu'elle s'applique étroitement contre les parois internes des éléments 8 sous l'effet de la pression de l'eau de curage du forage et que sa paroi ne soit pas sollicitée à la traction comme cela est le cas pour la forme 25 de réalisation de la figure 7.

REVENDEICATIONS

1. Outil de forage destiné à la réalisation de sections courbes dans des forages profonds au moyen d'un trépan entraîné par un dispositif d'entraînement au fond associé, ce trépan étant disposé à l'extrémité d'un train de tiges maintenu fixe à la rotation, outil au moyen duquel on peut déterminer l'inclinaison du trépan par rapport à l'axe du trou de forage,

caractérisé en ce que le train de tiges (4) n'est rendu flexible que dans un plan et est constitué par des éléments individuels (6, 8, 18), reliés les uns aux autres par des axes d'articulation (9, 20) parallèles les uns aux autres, l'avant-dernier élément (18) situé avant le trépan (5) ayant une largeur, au moins dans le plan de la courbure, qui correspond au diamètre du trépan (5), et en ce que l'on peut régler l'inclinaison du trépan (5) par rapport à l'axe du trou de forage en fixant la position angulaire, par rapport à l'avant-dernier élément (18), de l'élément (6) du train de tiges qui est situé immédiatement avant le trépan (5) et qui constitue pour celui-ci un palier de rotation.

2. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens pour incliner le trépan sont constitués par une surface d'appui (22) prévue sur le dernier élément (6) à une distance du plan défini par l'axe de rotation du trépan (5) et l'axe d'articulation (20) entre le dernier élément (6) et l'avant-dernier élément (18) qui est plus importante que le rayon du trépan (5) ou du trou de forage (1).

3. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens pour incliner le trépan consistent en ce que l'axe d'articulation (20) est disposé excentriquement entre le dernier élément (6) et l'avant-dernier élément (18) et en ce qu'une butée (23, 24) est prévue entre les deux éléments et limite le mouvement de basculement provoqué par la disposition excentrée en combinaison avec la pression axiale exercée par le trépan (5).

4. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens pour incliner le trépan sont constitués par un moyen de pression, et en particulier par un ressort

(27) ou par un vérin hydraulique disposé entre l'avant-dernier élément (18) et le dernier élément (6) lequel soumet ce dernier à une pression en direction du centre de courbure.

5 5. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments (6, 8, 18) du train de tiges sont de forme tubulaire et coopèrent mutuellement par en dessus ou par en dessous dans la zone des axes d'articulation (9, 20).

10 6. Outil de forage selon la revendication 5, caractérisé en ce que les éléments (6, 8, 18) du train de tiges sont reliés les uns aux autres de façon étanche et constituent une conduite de curage de forage.

15 7. Outil de forage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les éléments (6, 8, 18) du train de tiges sont pourvus de butées (23, 24) disposées face à face et limitant le mouvement des éléments en direction du centre de courbure.

20 8. Outil de forage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les éléments (6, 8, 18) des trains de tiges comprennent des butées (25, 26) qui empêchent un mouvement des éléments (6, 8, 18) du train de tiges dans le sens opposé à la direction du centre de courbure.

25 9. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif d'entraînement au fond (3) est monté entre le train de tiges flexible (4) et un train de tiges (2) substantiellement rigide raccordé au premier, et est relié au trépan (5) par l'intermédiaire d'un arbre d'entraînement flexible constitué par des éléments d'arbre individuels (12) montés à l'intérieur de chacun des éléments (6, 8, 30 18) du train de tiges de l'arbre d'entraînement flexible et reliés les uns aux autres par des joints de cardan (13) dans la zone des axes d'articulation (9, 20) entre les organes (6, 8, 18) du train de tiges.

35 10. Outil de forage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif d'entraînement au fond est monté entre le train de tiges flexible (4) et le trépan (5).

11. Outil de forage selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dispositif d'entraînement au fond est constitué par plusieurs moteurs individuels qui sont disposés

dans les éléments correspondants aux éléments (6, 8, 18) du train de tiges flexible (4) et dont les arbres de sortie sont reliés par des joints de cardan.

12. Outil de forage selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une gaine (35, 36) reliant de façon étanche les éléments les uns aux autres est disposée à l'intérieur ou à l'extérieur des éléments, au moins dans la zone des parties des éléments s'appliquant les uns contre les autres.



