



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 329 586 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.07.2003 Bulletin 2003/30

(51) Int Cl.7: **E21B 17/10, E21B 17/22**

(21) Numéro de dépôt: **03290005.2**

(22) Date de dépôt: **02.01.2003**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO

(72) Inventeur: **Boulet, jean Gilbert**
75015 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Bouget, Lucien et al**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cédex 09 (FR)

(30) Priorité: **18.01.2002 FR 0200648**

(71) Demandeur: **S.M.F. INTERNATIONAL**
F-58200 Cosne-sur-Loire (FR)

(54) Elément profilé pour un équipement de forage rotatif

(57) L'élément profilé comporte au moins une zone d'agitation et d'entraînement (3) dans laquelle l'élément profilé (2) comporte, sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme d'hélices ayant pour axe l'axe de rotation (4) de la tige de forage (1), des parties en creux (5) et des parties en saillie (6) enroulées dans un sens tel qu'elles favorisent la circulation d'un

fluide de forage dans le sens de la remontée dans un espace annulaire entre la tige de forage et la paroi d'un trou de forage, sous l'effet de la rotation de la tige de forage. L'angle d'inclinaison des hélices (5a, 6a) suivant lesquelles sont disposées les parties en creux (5) et les parties en saillie (6) de l'élément profilé (2) augmente dans le sens de circulation du fluide de forage, dans l'espace annulaire.

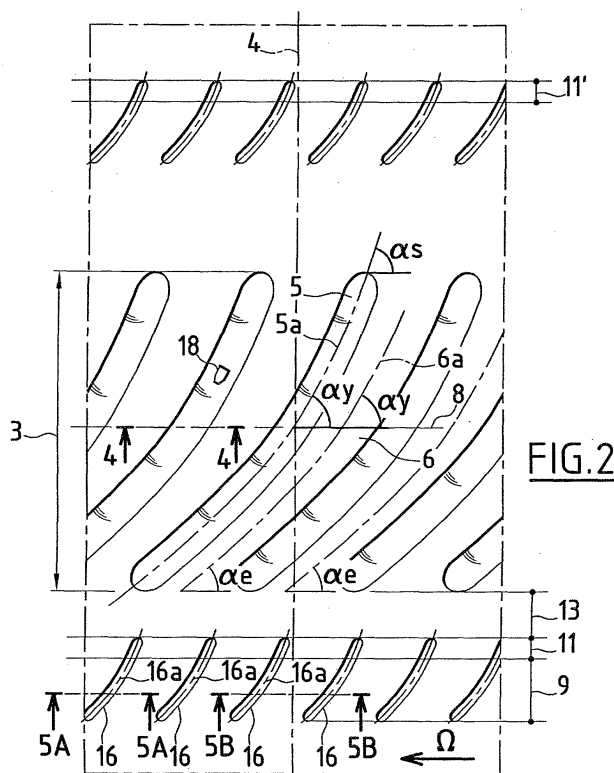


FIG. 2

EP 1 329 586 A1

Description

[0001] L'invention concerne un élément profilé pour un équipement de forage rotatif.

[0002] Dans le domaine de la recherche et de l'exploitation de gisements pétroliers, on utilise des trains de tiges de forage rotatifs constitués de tiges et éventuellement d'autres éléments tubulaires qui sont assemblés bout à bout, selon les besoins du forage.

[0003] De tels trains de tiges peuvent permettre en particulier de réaliser des forages déviés, c'est-à-dire des forages dont on peut faire varier l'inclinaison par rapport à la verticale ou la direction en azimut, pendant le forage.

[0004] Dans le cas de forages déviés à grand déport comportant des tronçons horizontaux ou pratiquement horizontaux, les couples de frottement dus à la rotation de la garniture de forage peuvent atteindre des valeurs très élevées, au cours du forage. Les couples de frottement peuvent remettre en cause les équipements utilisés ou les objectifs du forage. En outre, la remontée des déblais produits par le forage est très souvent difficile, compte tenu de la sédimentation des débris produits dans le trou de forage, en particulier dans la partie fortement inclinée du trou de forage. Il s'ensuit un mauvais nettoyage du trou et une augmentation à la fois des coefficients de frottement des tiges du train de tiges à l'intérieur du trou de forage et des surfaces de contact entre les tiges et les parois du trou.

[0005] Afin de diminuer le coefficient de frottement et la surface de contact entre le train de tiges et les parois du trou de forage et d'améliorer le nettoyage du trou de forage et l'évacuation de débris dans le fluide de forage, on a proposé, dans la demande de brevet FR-97 03207, une tige de forage comportant au moins une zone d'appui ayant une partie centrale d'appui et deux tronçons d'extrémité de part et d'autre de la zone centrale d'appui comportant sur leur surface externe au moins une rainure disposée suivant une hélice et dont la section transversale présente une partie en contre-dépouille. La zone d'appui de la tige de forage qui présente un diamètre supérieur au diamètre des tronçons d'extrémité et qui peut venir en contact avec la paroi du trou de forage, assure une certaine réduction du frottement entre la tige de forage et la paroi du trou de forage. Les parties d'extrémité qui comportent des profils hydrauliques permettent d'activer la circulation du fluide de forage et de décoller les débris accrochés sur la paroi du trou de forage.

[0006] On a proposé dans le FR-99 01391 un élément profilé pour un équipement de forage rotatif présentant une forme globale de révolution et un axe dirigé suivant l'axe de rotation du forage et des parties en saillie et des parties en creux dans des directions radiales sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en

forme d'hélices ayant pour axe l'axe de rotation de l'équipement de forage dont les parties en saillie et les parties en creux présentent au moins une caractéristique géométrique et dimensionnelle qui varie suivant la direction axiale de l'élément, sur une partie au moins de la longueur de cet élément profilé.

[0007] De préférence, les parties en creux ou rainures disposées suivant des hélices de l'élément profilé présentent une section de passage transversale par un plan perpendiculaire à l'axe de la tige de forage décroissante dans la direction axiale et dans le sens de circulation du fluide de forage dans l'annulaire de forage.

[0008] De tels éléments profilés présentent des avantages certains, lorsqu'ils sont utilisés sur un train de tiges de forage utilisé dans le cas d'un forage directionnel mais, dans certains cas, il est apparu qu'il pouvait être souhaitable d'améliorer encore l'effet d'agitation et d'entraînement du fluide de forage et des débris, dans l'annulaire de forage.

[0009] Le but de l'invention est donc de proposer un élément profilé pour un équipement de forage rotatif présentant une forme globale de révolution et un axe dirigé suivant l'axe de rotation du forage et des parties en saillie et des parties en creux dans des directions radiales perpendiculaires à l'axe sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme d'hélice ayant pour axe l'axe de rotation de l'équipement de forage, de manière à produire un effet d'agitation contrôlé et d'accélération de la remontée d'un fluide de forage et de déblais dans un espace annulaire entre l'élément profilé et la paroi du trou de forage pendant la rotation de l'équipement de forage, cet élément profilé présentant des propriétés améliorées d'agitation du fluide de forage et de débris et d'entraînement du fluide de forage dans l'annulaire de forage.

[0010] Dans ce but, l'angle d'inclinaison des hélices suivant lesquelles sont disposées les parties en saillie et les parties en creux de l'élément profilé par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de forage, augmente dans le sens de circulation axiale du fluide de forage dans l'espace annulaire, c'est-à-dire du bas vers le haut, la circulation axiale du fluide de forage étant accélérée le long des parties en saillie et des parties en creux du fait du sens de rotation de la tige de forage.

[0011] L'invention concerne également d'autres caractéristiques de l'élément profilé qui, combinées à des parties en saillie et en creux d'inclinaison variable selon l'invention, permettent d'augmenter encore l'effet d'agitation et d'entraînement du fluide de forage et des débris dans l'annulaire de forage.

[0012] Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire, à titre d'exemples, en se référant aux figures jointes en annexe, deux modes de réalisation d'une tige de forage comportant des éléments profilés suivant l'invention.

La figure 1 est une vue en élévation latérale d'une tige de forage comportant trois éléments profilés suivant l'invention, en position de travail dans un trou de forage.

La figure 2 est une vue développée d'un élément

profilé de la tige de forage représentée sur la figure 1.

La figure 3 est une demi-vue en coupe axiale de l'élément profilé représenté sur la figure 2, sous forme développée.

La figure 4A est une vue en coupe transversale selon 4-4 de la figure 2, montrant une partie de la section de l'élément profilé suivant un premier mode de réalisation.

La figure 4B est une vue en coupe transversale selon 4-4 de la figure 2, montrant un second mode de réalisation d'une partie de la section transversale de l'élément profilé.

La figure 5A est une vue en coupe transversale suivant 5A-5A de la figure 2 montrant un premier mode de réalisation de la section transversale.

La figure 5B est une vue en coupe suivant 5B-5B de la figure 2 montrant la section transversale d'une partie de l'élément profilé, suivant un second mode de réalisation.

La figure 6 est une vue en élévation d'une tige de forage comportant deux éléments profilés suivant un second mode de réalisation.

La figure 7 est une vue en élévation latérale et en coupe partielle d'un élément profilé de la tige représentée sur la figure 6.

La figure 8 est une vue en coupe transversale d'une tige de forage comportant un élément profilé suivant l'invention, en position de service dans un trou de forage.

[0013] Sur la figure 1, on voit une tige de forage désignée dans son ensemble par le repère 1 qui comporte, dans trois zones espacées suivant la direction axiale de la tige, trois éléments profilés 2 suivant l'invention.

[0014] La tige de forage comporte, de manière habituelle, à l'une de ses extrémités (extrémité supérieure), un raccord femelle 1a et, à son extrémité inférieure, un raccord mâle 1b constitués par des parties filetées de forme tronconique permettant d'assembler entre elles des tiges successives 1 d'un train de forage.

[0015] Sur la figure 2, on a représenté à plus grande échelle un tronçon de la tige constituant un élément profilé 2, sous forme développée.

[0016] Le tronçon de tige constituant l'élément profilé 2 comporte principalement une zone 3 s'étendant sur la majeure partie de la longueur du tronçon profilé destinée à assurer une agitation d'un fluide de forage autour de la tige de forage 1, à l'intérieur du trou de forage, dans l'espace annulaire 10 entre la surface extérieure de la tige de forage et la paroi du trou de forage représenté sur la figure 1.

[0017] Dans la zone 3, la surface extérieure de la tige de forage de forme générale cylindrique ayant pour axe l'axe de forage 4 de la tige de forage comporte des parties en creux 5 et des parties en saillie 6 s'étendant de manière continue suivant toute la longueur de la zone 3 d'agitation et de turbulence de l'élément profilé.

[0018] Les parties en creux 5 sont constituées sous la forme de gorges dont la section transversale peut présenter la forme représentée sur la figure 4A (premier mode de réalisation) ou sur la figure 4B (second mode de réalisation).

[0019] Les parties en saillie 6 présentent la forme de lames séparant deux parties en creux ou gorges 5 successives.

[0020] Les gorges 5 et les lames 6 présentent un axe respectif 5a, 6a disposé suivant une hélice ayant pour axe l'axe 4 de la tige de forage enroulée dans un sens permettant de favoriser la remontée du fluide de forage dans l'annulaire 10, du fait du sens de la rotation de la tige de forage (flèche Q sur la figure 2).

[0021] Selon l'invention, les hélices 5a et 6a présentent une inclinaison croissante dans le sens de circulation du fluide de forage dans l'annulaire de forage (flèche 7), c'est-à-dire dans le sens allant du bas vers le haut, dans la position de service de la tige de forage 1 à l'intérieur du trou de forage, par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe 4 de la tige de forage.

[0022] Sur la figure 2, on a représenté la trace, sur le plan de la figure, d'un plan de section transversale 8 et la tangente aux hélices 5a et 6a d'une gorge 5 et d'une lame 6 de la zone d'agitation 3 de l'élément profilé. Les tangentes aux hélices 5a et 6a constituant les axes ou lignes médianes des gorges 5 et des lames 6 font avec le plan de trace 8, sur la figure 2, un angle α_y qui est l'angle d'inclinaison de l'hélice au niveau du plan de section transversale de trace 8 ayant pour ordonnée (dans la direction de l'axe 4 de la tige de forage) y.

[0023] Selon l'invention, α_y est croissant avec y, les ordonnées des points de la tige de forage dans la direction de l'axe 4 étant croissantes de bas en haut, c'est-à-dire dans le sens 7 de circulation du fluide de forage dans l'annulaire 10.

[0024] En particulier, les angles d'inclinaison α_e des hélices 5a et 6a à l'entrée de la zone 3 sont inférieurs aux angles d'inclinaison α_s des hélices à la sortie de la zone 3 d'agitation et d'entraînement de la tige de forage.

[0025] Comme il est visible sur la figure 4A, les gorges 5 peuvent présenter, en section transversale, une forme telle que décrite et revendiquée dans la demande de brevet français 97 03207, cette forme permettant de réaliser un écopage intense du fluide de forage dans l'annulaire 10 du trou de forage, du fait que la section de la gorge 5 présente en particulier une partie en contre-dépouille délimitée par une partie droite de la section faisant un angle β_1 avec la direction perpendiculaire à l'axe 4 de la tige de forage, suivant l'arête externe de la section 5 disposée vers l'arrière de la gorge 5, en considérant le sens de rotation Q de la tige de forage autour de son axe de rotation 4 (figure 2).

[0026] De plus, les gorges disposées suivant une hélice autour de la tige de forage assurent un entraînement du fluide de forage et des débris de forage dans l'annulaire 10, vers le haut suivant la direction de la flèche 7, du fait de la rotation de la tige de forage.

[0027] L'inclinaison croissante des hélices dans le sens allant du bas vers le haut produit un entraînement à vitesse croissante du fluide de forage dans l'annulaire et un effet de balayage accru du trou de forage. On obtient de ce fait une modification du champ de vitesse à l'intérieur de l'annulaire 10, les vitesses étant modifiées en valeur absolue et en direction suivant la direction y de l'axe 4 de la tige de forage et de l'élément profilé 2. L'augmentation de l'inclinaison des hélices suivant la direction y peut être modulée en fonction des conditions opératoires de la tige de forage.

[0028] De plus, les sections s_y des gorges 5 sont décroissantes dans le sens de la flèche 7, c'est-à-dire dans le sens des ordonnées croissantes y. Les sections décroissantes s_y des gorges 5 peuvent être obtenues, soit du fait que les gorges 5 ont une profondeur décroissante dans le sens des ordonnées croissantes y soit du fait qu'elles ont une largeur décroissante dans le sens des ordonnées croissantes, soit encore du fait qu'elles présentent une profondeur et une largeur décroissantes.

[0029] Les parties en saillie 6 ou lames disposées chacune entre deux gorges 5 successives ont, du fait de la section et de la largeur décroissante des gorges 5, une section et une largeur croissantes dans le sens des ordonnées croissantes y (ou de la circulation du fluide dans l'annulaire 10 représentée par la flèche 7).

[0030] Comme il est visible sur la figure 4B, les gorges 5 peuvent présenter, en section transversale, une forme dissymétrique sans partie en contre-dépouille, l'effet d'écopage et d'agitation du fluide de forage étant toutefois moins intense que dans le cas des gorges suivant le premier mode de réalisation représenté sur la figure 4A, présentant une partie en contre-dépouille. Les gorges selon le second mode de réalisation, dont l'usinage est plus facile, permettent cependant d'obtenir un effet d'écopage et d'agitation satisfaisant, du fait de la présence des lames 6 entre deux gorges successives 5. Comme dans le cas du premier mode de réalisation, les gorges 5 peuvent présenter une section, une profondeur et/ou une largeur décroissantes dans le sens 7 de circulation du fluide dans l'annulaire 10 (sens des ordonnées y croissantes), les lames 6 ayant corrélativement une section et une largeur croissantes.

[0031] Comme il est visible sur la figure 2, l'élément profilé 2 comporte, en amont de la zone 3 d'agitation et d'entraînement, en considérant le sens de circulation 7 du fluide de forage, successivement, une zone d'agitation préalable 9, une zone de précharge hydraulique 11 et une zone de turbulence 13.

[0032] Comme il est visible sur la figure 3, la zone de précharge 11 est constituée par une partie de la tige de forage ayant un diamètre Φ_r sensiblement supérieur au diamètre maximal de la tige de forage 1 dans la zone d'agitation 3. La zone 11 peut être délimitée, sur la surface extérieure de la tige de forage, par une surface torique, comme représenté en particulier sur les figures 1 et 3, le diamètre maximal Φ_r étant alors le diamètre de la partie médiane de la zone 11 de forme torique.

[0033] Le raccordement de la zone de précharge 11 de la tige de forage avec la zone d'agitation 3 est réalisé par l'intermédiaire de la zone 13 ou zone de turbulence dans laquelle la tige de forage présente un diamètre décroissant, suivant une surface courbe dont la section est représentée sur la figure 3.

[0034] La zone de précharge 11 se raccorde à la partie courante de la tige de forage, en-dessous de l'élément profilé 2, par l'intermédiaire de la zone 9 d'agitation préalable dont le diamètre est croissant dans le sens des ordonnées y croissantes (ou sens de circulation 1 du fluide de forage dans l'annulaire 10) et dont la section longitudinale courbe est sensiblement analogue à la section longitudinale de la zone de turbulence 13, comme il est visible sur la figure 3. L'inclinaison de la partie courbe de la zone d'agitation préalable 9 par rapport à une direction parallèle à l'axe 4 de la tige de forage, au niveau de son raccordement avec la zone de précharge 11, est inférieure à l'inclinaison de la partie courbe de raccordement de la zone de turbulence 11 avec la zone d'appui (angle $\beta_2 \leq \beta_3$) (sur la figure 3).

[0035] De part et d'autre de l'élément profilé 2, la partie courante de la tige de forage présente un diamètre nominal Φ_{DN} .

[0036] L'élément profilé 2 se raccorde également à la partie courante de la tige de forage 1 à diamètre nominal Φ_{DN} , à son extrémité aval, par une zone d'appui 14 au niveau de laquelle la tige présente un diamètre Φ_u maximal sensiblement supérieur ou égal au diamètre Φ_r de la zone de précharge amont 11 (qui peut, dans certains cas, être également une zone d'appui).

[0037] Les diamètres Φ_r et Φ_u sont sensiblement supérieurs au diamètre nominal Φ_{DN} de la partie courante de la tige de forage, les zones de précharge 11 et d'appui 14 constituant deux zones en saillie radiale, dans les parties d'extrémité amont et aval, respectivement, de l'élément profilé 2.

[0038] Dans la zone d'agitation préalable 9 et dans la zone de précharge 11, l'élément profilé 2 comporte des parties en creux ou en saillie 16 espacées l'une de l'autre suivant la direction circonférentielle de la tige de forage et disposées chacune suivant une hélice 16a dont l'inclinaison par rapport à un plan transversal de la tige de forage est croissante dans le sens des ordonnées croissantes y, de la même manière que les hélices 5a et 6a des gorges et parties en saillie 5 et 6 de la zone d'agitation 3.

[0039] Lorsque les parties 16 sont des parties en creux dans la direction radiale et constituent des gorges, leur section, leur profondeur et/ou leur largeur peuvent être constantes ou décroissantes dans le sens des ordonnées croissantes y. Lorsque les parties 16 sont des parties en saillie, leur section et/ou leur largeur peuvent être constantes ou croissantes dans le sens des ordonnées croissantes y. Leur hauteur peut être décroissante dans le sens des ordonnées y croissantes.

[0040] On obtient ainsi un effet d'entraînement accru du fluide de forage dans la zone d'agitation initiale 9 et

dans la zone de précharge 11.

[0041] En outre, la présence de la surface courbe des zones 9 et 11 qui présente un diamètre croissant dans le sens d'écoulement du fluide produit un décollement des filets de fluide de la tige de forage, ces filets de fluide étant ensuite renvoyés suivant un écoulement turbulent, à partir de la zone de précharge 11, dans la zone de turbulence 13 où le fluide de forage constitue des tourbillons favorables pour assurer un mélange et un entraînement des débris de forage par le fluide de forage qui est ensuite repris par la zone d'entraînement et d'agitation principale 3.

[0042] Sur la figure 5A, on a représenté la section transversale de gorges 16 disposées suivant des hélices et constituant des parties en creux de la zone d'agitation préalable 9 et de la zone de précharge 11, dans un premier mode de réalisation. Les gorges 16 présentent généralement une profondeur et une largeur et donc une section constantes dans le sens de circulation du fluide 7 ou sens des ordonnées croissantes y. Toutefois, la largeur et/ou la profondeur et donc la section des gorges 16 peuvent être également décroissantes dans le sens des ordonnées croissantes. Les gorges 16 sont obtenues par usinage de la surface extérieure de la tige de forage, au niveau de la surface courbe de raccordement de la partie courante de la tige de forage avec la zone d'appui torique 11.

[0043] Sur la figure 5B, on a représenté, selon un second mode de réalisation, des parties en saillie 16 constituant des nervures suivant des hélices autour de l'axe de la tige de forage. L'inclinaison des hélices suivant lesquelles sont disposées les nervures 16 est croissante dans la direction des ordonnées croissantes. De plus, la largeur des nervures 16 peut être décroissante et/ou leur hauteur décroissante suivant la direction des ordonnées y croissantes, de sorte que la section transversale des zones en creux 17 entre deux parties en saillie 16 est décroissante dans le sens des ordonnées y croissantes. On obtient ainsi des circulations transversales de fluide de forage qui accroissent la turbulence et l'agitation.

[0044] La zone de précharge 11 permet de réaliser une déflexion du fluide de forage vers l'extérieur, ce qui favorise la remontée des déblais dans l'annulaire 10. De plus, la zone de précharge 11 permet, comme la zone 9, de créer une pré-agitation du fluide de forage et des déblais avant la zone 3.

[0045] Le fluide de forage est également porté en pression (précharge) dans la zone 11.

[0046] Une seconde zone de charge 11', analogue à la zone 11 qui a été décrite plus haut, peut être située en aval de la zone d'appui 14 (dans le sens de circulation 7 du fluide dans l'annulaire 10), afin de renforcer l'effet de remontée des déblais. Cette zone supplémentaire constitue une zone de post-charge pour le dispositif.

[0047] Pour cela, on prévoit, en aval de la partie en saillie radiale 14 du dispositif de forage, une seconde

partie en saillie radiale constituant des zones analogues aux zones 9 d'agitation et 11 de précharge situées en amont du dispositif.

[0048] Sur les figures 2 et 3, on a également représenté une buse 18 qui est introduite et fixée dans la paroi de la tige de forage 1 de forme tubulaire, dans la zone d'agitation et d'entraînement 3.

[0049] La buse 18 peut être placée par exemple dans le fond et dans la partie médiane d'une gorge 6 de la zone d'agitation et d'entraînement 3. La buse 18 présente un premier conduit, ou canal d'entrée 18a, dans une direction sensiblement radiale de la tige de forage, débouchant dans l'espace interne de la tige de forage 1 tubulaire et un second conduit 18b, ou canal de sortie, communiquant avec le canal d'entrée 18a ayant une direction sensiblement axiale ou légèrement inclinée vers l'extérieur de la tige de forage 1, du bas vers le haut. Le canal de sortie 18b débouche dans l'annulaire 10 à l'extérieur de la tige de forage sur une partie d'extrémité supérieure de la buse 18 dirigée vers le haut.

[0050] Le fluide de forage circulant de haut en bas dans l'espace interne de la tige de forage 1 annulaire (flèche 7') présente une pression sensiblement supérieure à la pression du fluide de forage circulant de bas en haut dans l'annulaire de forage 10 à l'extérieur de la tige de forage (flèche 7). De ce fait, du fluide de forage est entraîné à l'intérieur du canal d'entrée 18a de la buse 18 puis éjecté par le canal de sortie 18b vers le haut à l'intérieur de la gorge 5 dans laquelle est fixée la buse 18. On accroît ainsi la vitesse de circulation et l'agitation du fluide, en utilisant une ou plusieurs buses disposées de préférence à l'intérieur d'une ou de plusieurs gorges 5 d'agitation et d'entraînement de la zone 3 de l'élément profilé 2 de la tige de forage.

[0051] Sur la figure 6, on a représenté une tige de forage désignée de manière générale par le repère 1 qui comporte deux éléments profilés doubles suivant l'invention et suivant une variante de réalisation désignés par le repère 2'.

[0052] Comme il est visible sur la figure 7, l'élément profilé 2' de la tige de forage 1 est réalisé sous forme double et comporte successivement, du bas vers le haut, une première zone d'agitation et d'entraînement 3'a, une première zone d'appui et d'activation mécanique 13'a, une seconde zone d'activation et d'entraînement 3'b et une seconde zone d'appui et d'activation mécanique 13'b.

[0053] Les zones d'activation et d'entraînement 3'a et 3'b sont réalisées suivant l'invention, c'est-à-dire qu'elles comportent des gorges 5' séparées par des lames 6' disposées suivant des hélices dont l'angle avec un plan transversal perpendiculaire à l'axe 4 de la tige de forage est croissant dans le sens de circulation 7 du fluide de forage dans un annulaire de forage 10 à l'extérieur de la tige 1. Les largeurs et/ou les profondeurs et donc les sections transversales des gorges 5' peuvent être décroissantes dans le sens de circulation 7 du fluide de forage dans l'annulaire 10, de manière à accroître la tur-

bulence et à produire un effet de palier fluide.

[0054] De plus, les zones d'agitation 3'a et 3'b sont également réalisées sous la forme de zones de déflexion selon la demande de brevet français 01 05752, la surface extérieure de la tige de forage au niveau des zones d'agitation et d'entraînement 3'a et 3'b inclinée par rapport à l'axe 4 de la tige de forage présentant une ligne méridienne dans un plan axial qui s'éloigne de l'axe 4 de l'élément profilé 2 et de la tige de forage 1, dans le sens de circulation 7 du fluide de forage dans l'annulaire, c'est-à-dire dans le sens allant de bas en haut dans la position de service de la tige de forage à l'intérieur d'un trou de forage.

[0055] On obtient ainsi un effet d'agitation accru par le fait qu'on ajoute une composante de direction radiale à la vitesse du fluide de forage entraîné par les gorges 5' et les parties en saillie 6' des zones d'agitation et d'entraînement 3'a et 3'b.

[0056] On a figuré sous la forme d'une flèche circulaire Q le sens de rotation de la tige de forage en service dans un trou de forage. On a représenté, de part et d'autre de l'élément profilé 2', du côté amont et du côté aval, la partie courante de la tige de forage de diamètre Φ_{DN} .

[0057] L'élément profilé 3' présente, dans les zones d'appui et d'activation mécanique 13'a et 13'b, un diamètre maximal sensiblement supérieur au diamètre Φ_{DN} . Dans les zones 13'a et 13'b, la surface extérieure de l'élément profilé est usinée pour présenter deux parties successives de diamètre maximal séparées par une partie centrale de plus faible diamètre.

[0058] Les deux parties de diamètre maximal des zones d'appui et d'activation mécanique 13'a et 13'b sont usinées de manière à présenter au moins une gorge hélicoïdale continue ayant un angle d'inclinaison faible, généralement inférieur à 30° par rapport aux plans transversaux de la tige de forage perpendiculaires à l'axe 4, de sorte que les deux parties des zones d'appui et d'activation mécanique 13'a et 13'b de part et d'autre de la zone centrale sans rainure hélicoïdale ont une forme analogue à un élément fileté dont les filets successifs ont des formes sensiblement hélicoïdales. On obtient ainsi un effet d'entraînement du fluide dans la zone d'appui, lors de la rotation de la tige de forage suivant la flèche Ω (effet de vis d'Archimède) et un effet de palier fluide au niveau des appuis de la tige de forage par l'intermédiaire des zones d'appui 13'a et 13'b.

[0059] Sur la figure 8, on a représenté la section d'un élément profilé 2 d'une tige de forage 1, au niveau d'une zone d'agitation telle que la zone d'agitation 3 dans laquelle l'élément profilé 2 comporte des gorges 5 dissymétriques et pouvant présenter une partie en contre-dépouille assurant un parfait écopage du fluide de forage dans l'annulaire 10 à l'intérieur du trou de forage 20, lors de la rotation de la tige de forage dans la direction de la flèche Ω . Dans l'annulaire 10, le fluide de forage entraîne des débris 19 produits par le forage à l'intérieur et le long des gorges 5 de la zone d'agitation et d'entraîne-

ment 3 de l'élément profilé. Lors de sa rotation à l'intérieur du trou de forage 20, la tige de forage 1 s'approche du bord du trou de forage, de sorte que l'annulaire 10 présente une largeur variable dans la direction circonférentielle de la tige de forage.

[0060] Sur la figure 8, on a représenté la coupe transversale de la tige de forage vue depuis le bas du forage, la circulation du fluide de forage dans l'annulaire de forage provoquant l'entraînement des débris 9 se produisant dans une direction perpendiculaire au plan de coupe de la figure 8 et vers l'arrière du plan de la figure 8.

[0061] La réalisation de la zone d'agitation et d'entraînement 3 de l'élément profilé de la tige de forage suivant l'invention permet d'assurer un écopage et un entraînement vers le haut du fluide de forage et des débris 19, de telle manière que la recirculation du fluide de forage et des débris dans l'annulaire 10 se produise de manière préférentielle, dans la zone 21 d'éloignement maximal de la surface extérieure de la tige de forage de la paroi du trou de forage 20 et non dans les zones 22 où l'annulaire de forage 10 ne présente pas une largeur maximale. Les dispositions suivant l'invention permettent ainsi en effet d'obtenir une répartition idéale des vitesses d'entraînement vertical dans l'annulaire 10 autour de la tige de forage.

[0062] De même, la zone de précharge 11 permet de créer un gradient de vitesse et donc de pression dans l'écoulement du fluide de forage dans l'annulaire 10, de manière à diriger l'écoulement préférentiellement vers la zone 21.

[0063] L'élément profilé suivant l'invention permet donc d'optimiser l'agitation et l'entraînement du fluide de forage et des débris de forage à l'intérieur de l'annulaire, en particulier dans le cas de forages déviés présentant des parties pratiquement horizontales.

[0064] L'invention ne se limite pas strictement aux modes de réalisation qui ont été décrits.

[0065] On peut imaginer certaines variantes de réalisation des éléments profilés combinant plusieurs zones d'agitation, de charge et/ou précharge et d'entraînement et plusieurs zones d'appui et d'activation mécanique telles que celles qui ont été décrites.

[0066] L'invention s'applique à tout élément d'un train de tiges de forage et en particulier aux éléments de trains de tiges de forage utilisés pour le forage directionnel.

Revendications

1. Élément profilé pour un équipement de forage rotatif tel qu'une tige de forage (1) présentant une forme globale de révolution et un axe dirigé suivant l'axe de rotation (4) du forage et des parties en saillie (6, 6') et des parties en creux (5, 5') dans des directions radiales perpendiculaires à l'axe (4) sur sa surface externe, suivant des dispositions sensiblement en forme d'hélices (5a, 6a) ayant pour axe l'axe de

l'élément profilé (2), de manière à produire un effet d'agitation contrôlé et d'accélération de la remontée d'un fluide de forage et de déblais, dans un espace annulaire (10) entre l'élément profilé (2) de l'équipement de forage (1) et la paroi d'un trou de forage (20), pendant la rotation de l'équipement de forage (1), **caractérisé par le fait que** l'angle d'inclinaison (α_y) des hélices (5a, 6a) suivant lesquelles sont disposées les parties en saillie (6, 6') et les parties en creux (5, 5') de l'élément profilé (2), par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de l'élément profilé (2), augmente dans le sens de circulation axiale (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10), c'est-à-dire du bas vers le haut dans la position de service de l'équipement de forage (1), la circulation axiale du fluide de forage étant accélérée le long des parties en saillie et des parties en creux, du fait du sens de rotation de la tige de forage.

2. Elément profilé suivant la revendication 1, **caractérisé par le fait que** les parties en creux (5, 5') de l'élément profilé (2) constituées par des gorges (5, 5') présentent l'une au moins d'une largeur dans une direction circonférentielle de l'élément profilé (2) et d'une profondeur dans une direction radiale perpendiculaire à l'axe de l'élément profilé (2) et donc une section transversale dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'élément profilé (2), décroissantes dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10).
3. Elément profilé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, de part et d'autre, dans la direction axiale, d'une zone d'agitation et d'entraînement (3) dans laquelle l'élément profilé (2) présente des parties en saillie (6) et des parties en creux (5) disposées suivant des hélices (5a, 6a), une zone de précharge (11) dans laquelle la tige de forage (1) présente une partie en saillie radiale vers l'extérieur et une zone d'appui (14) dans laquelle la tige de forage (1) présente également une partie en saillie radiale vers l'extérieur et un diamètre maximal supérieur au diamètre maximal de l'élément profilé dans la zone d'agitation et d'entraînement (3) et au diamètre nominal (Φ_{DN}) de la tige de forage (1) dans des parties courantes disposées de part et d'autre dans la direction axiale de l'élément profilé (2).
4. Elément profilé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé par le fait qu'il** comporte une seconde zone de charge (11') ou zone de post-charge analogue à la zone de précharge (11) située en aval de la zone d'appui (14), dans le sens de circulation du fluide de forage dans l'espace annulaire (10).
5. Elément profilé selon l'une quelconque des reven-

dications 3 et 4, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, de part et d'autre de la zone de précharge (11) disposée vers l'amont de la zone d'agitation et d'entraînement (3), dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10), une zone d'agitation et d'entraînement préalable (9) située vers l'amont et une zone de turbulence (13) située vers l'aval dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10), la surface extérieure de l'élément profilé présentant un diamètre croissant dans le sens de circulation du fluide de forage dans la zone d'agitation et d'entraînement préalable (9) et un diamètre décroissant dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10), dans la zone de turbulence (13).

6. Elément profilé suivant la revendication 5, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, dans la zone d'agitation et d'entraînement préalable (9) et dans la zone de précharge (11), l'une au moins d'une pluralité d'éléments en creux et d'éléments en saillie (16) espacés dans la direction circonférentielle de l'élément profilé, disposés suivant des hélices (16a) ayant pour axe l'axe (4) de l'élément profilé (2), dont l'angle d'inclinaison par rapport à un plan transversal perpendiculaire à l'axe (4) de l'élément profilé (2) est croissant dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10).
7. Elément profilé suivant la revendication 6, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, dans la zone d'agitation et d'entraînement préalable (9) et dans la zone de précharge (11), des parties en creux (16) constituées par des gorges usinées suivant les hélices (16a) sur la surface extérieure de l'élément profilé (2) de la tige de forage (1).
8. Elément profilé suivant la revendication 6, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, dans la zone d'agitation et d'entraînement préalable (9), des parties en saillie (16) constituées par des nervures disposées suivant des hélices (16a) entre lesquelles la surface extérieure de l'élément profilé de la tige de forage (1) est usinée pour constituer des parties en creux (17).
9. Elément profilé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé par le fait qu'il** comporte, au moins dans une zone d'agitation et d'entraînement (3) comportant des parties en creux (5) et des parties en saillie (6) disposées suivant des hélices (5a, 6a), au moins une buse (18) traversant une paroi tubulaire de l'élément profilé (2) d'une tige de forage (1) entre un espace central interne de circulation du fluide de forage dans la tige de forage et l'espace annulaire (10) extérieur à l'élément profilé (2) de la tige de forage (1) comportant un canal

d'entrée (18a) de direction sensiblement radiale perpendiculaire à l'axe (4) de l'élément profilé (2) de la tige de forage débouchant dans l'espace interne de l'élément profilé de la tige de forage (1) et un canal de sortie (18b) communiquant avec le canal d'entrée (18a) et débouchant à l'extérieur de l'élément profilé de la tige de forage, dirigé dans une direction sensiblement parallèle à l'axe (4) de l'élément profilé (2) dans le sens de circulation (7) du fluide de forage dans l'espace annulaire (10), c'est-à-dire vers le haut dans la position de service de la tige de forage (1).

10. Élément profilé suivant la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'il** comporte au moins une zone d'agitation et d'entraînement (3'a, 3'b) comportant des parties en creux (5') et des parties en saillie (6') suivant des hélices ayant pour axe l'axe (4) de l'élément profilé (2) et, dans le prolongement axial de l'au moins une zone d'agitation et d'entraînement (3'a, 3'b), au moins une zone d'appui et d'activation mécanique (13'a, 13'b) dans laquelle la tige de forage présente un diamètre maximal et comporte, sur sa surface externe, au moins une rainure hélicoïdale.
11. Élément profilé suivant la revendication 10, **caractérisé par le fait que** l'au moins une zone d'appui et d'activation mécanique (13'a, 13'b) comporte, dans la direction de l'axe (4) de l'élément profilé (2) de la tige de forage (1), une première partie de diamètre maximal de la tige de forage (1) usinée sur sa surface extérieure suivant au moins une rainure hélicoïdale sensiblement continue analogue à un filetage, une zone médiane ayant un diamètre inférieur au diamètre maximal de la tige de forage, sans rainure hélicoïdale et une seconde partie à diamètre maximal de la tige de forage (1) usinée sur sa surface extérieure pour présenter au moins une rainure hélicoïdale sensiblement continue.
12. Equipement de forage tel qu'une tige de forage (1) comportant au moins un élément profilé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11.

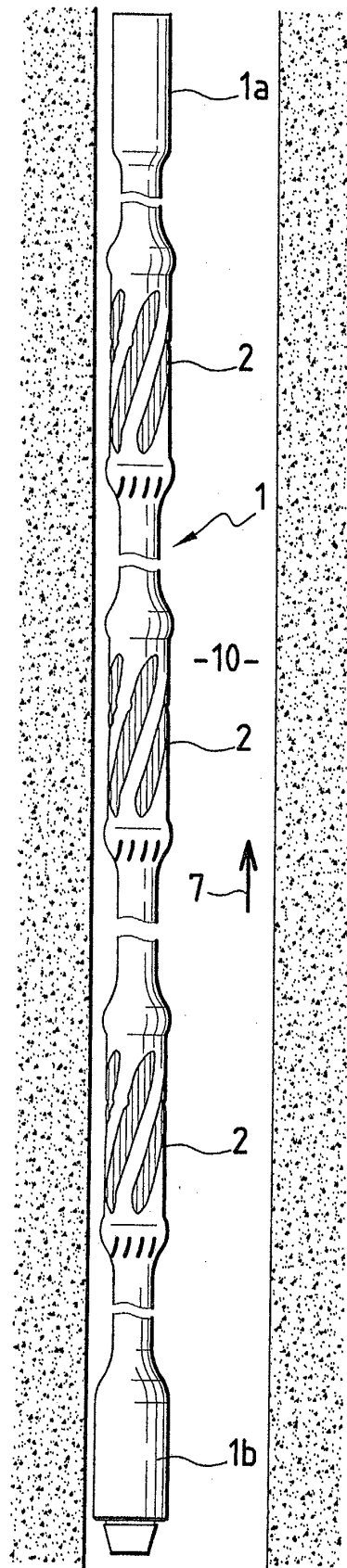
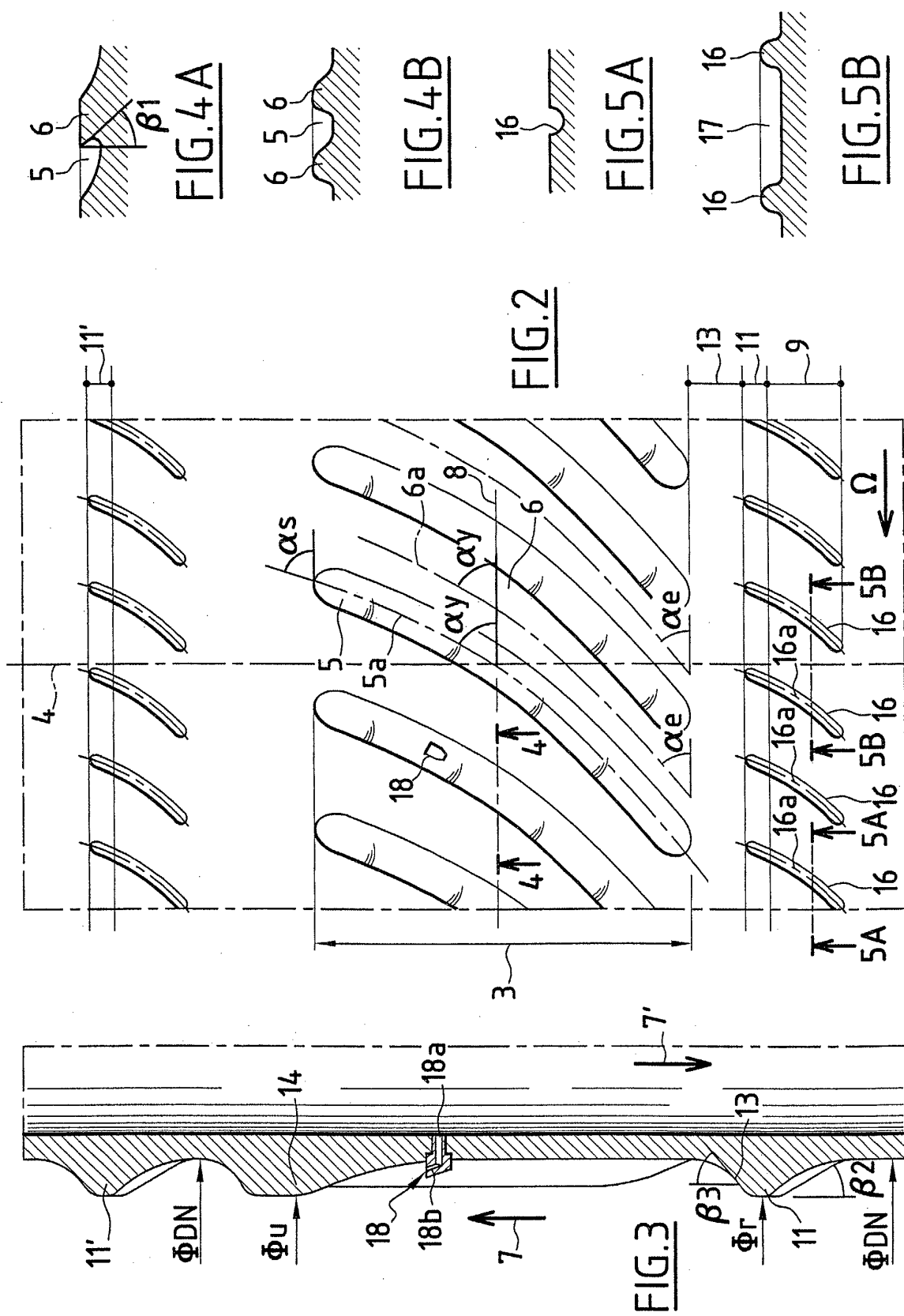


FIG.1



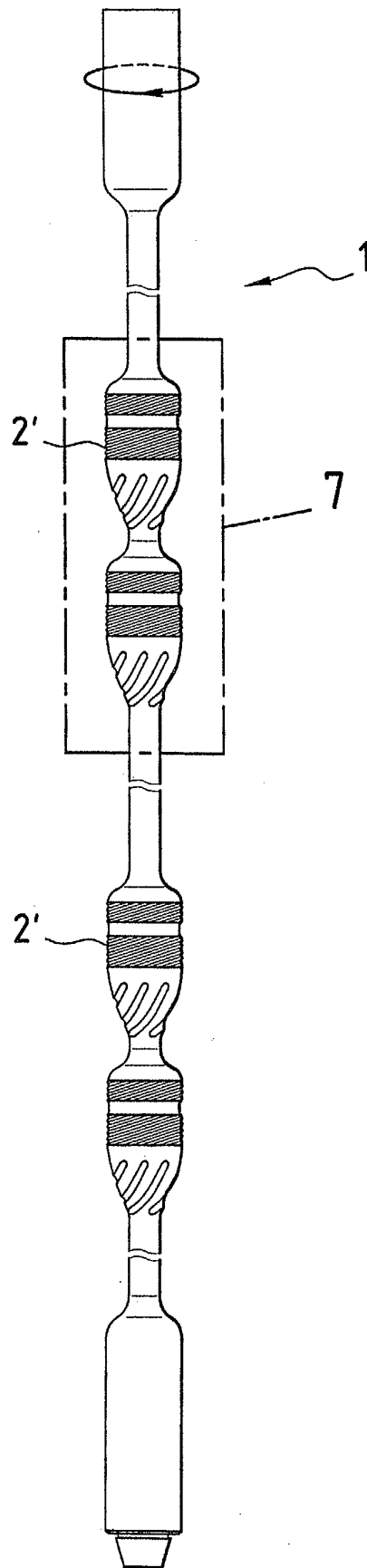


FIG.6

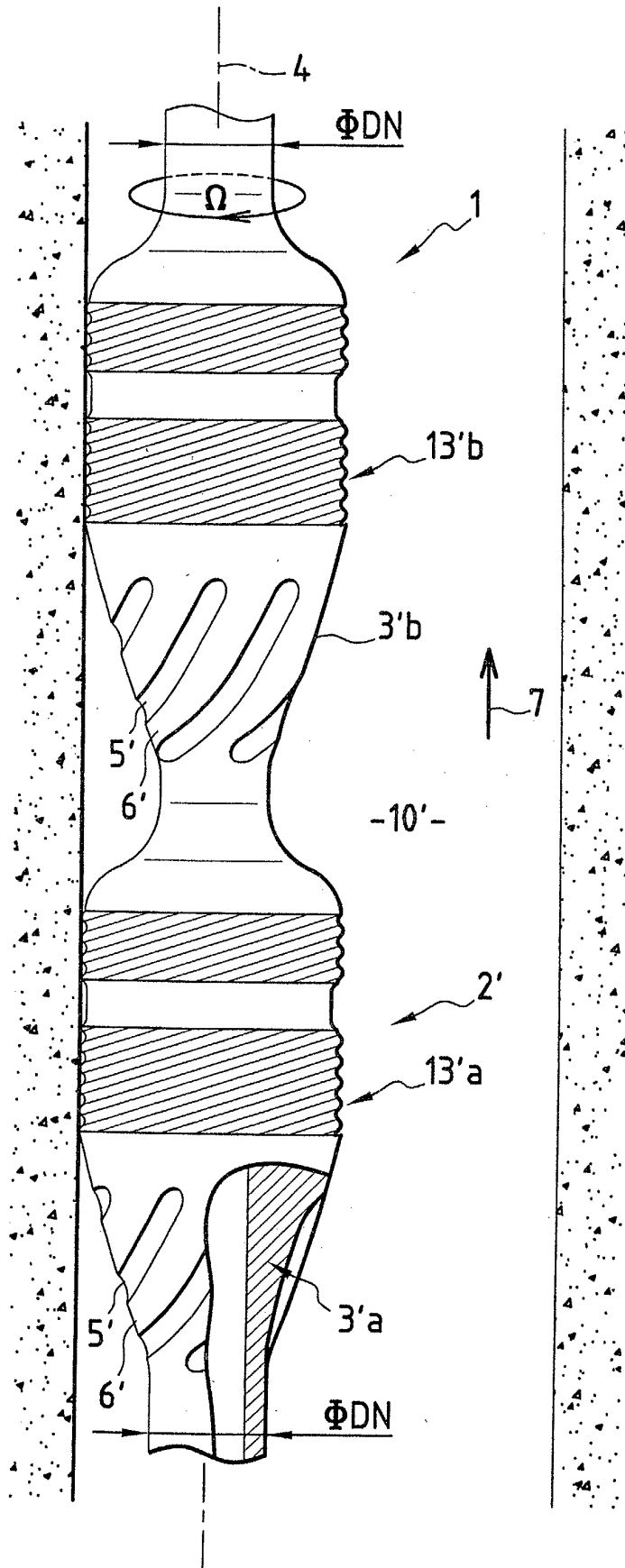


FIG. 7

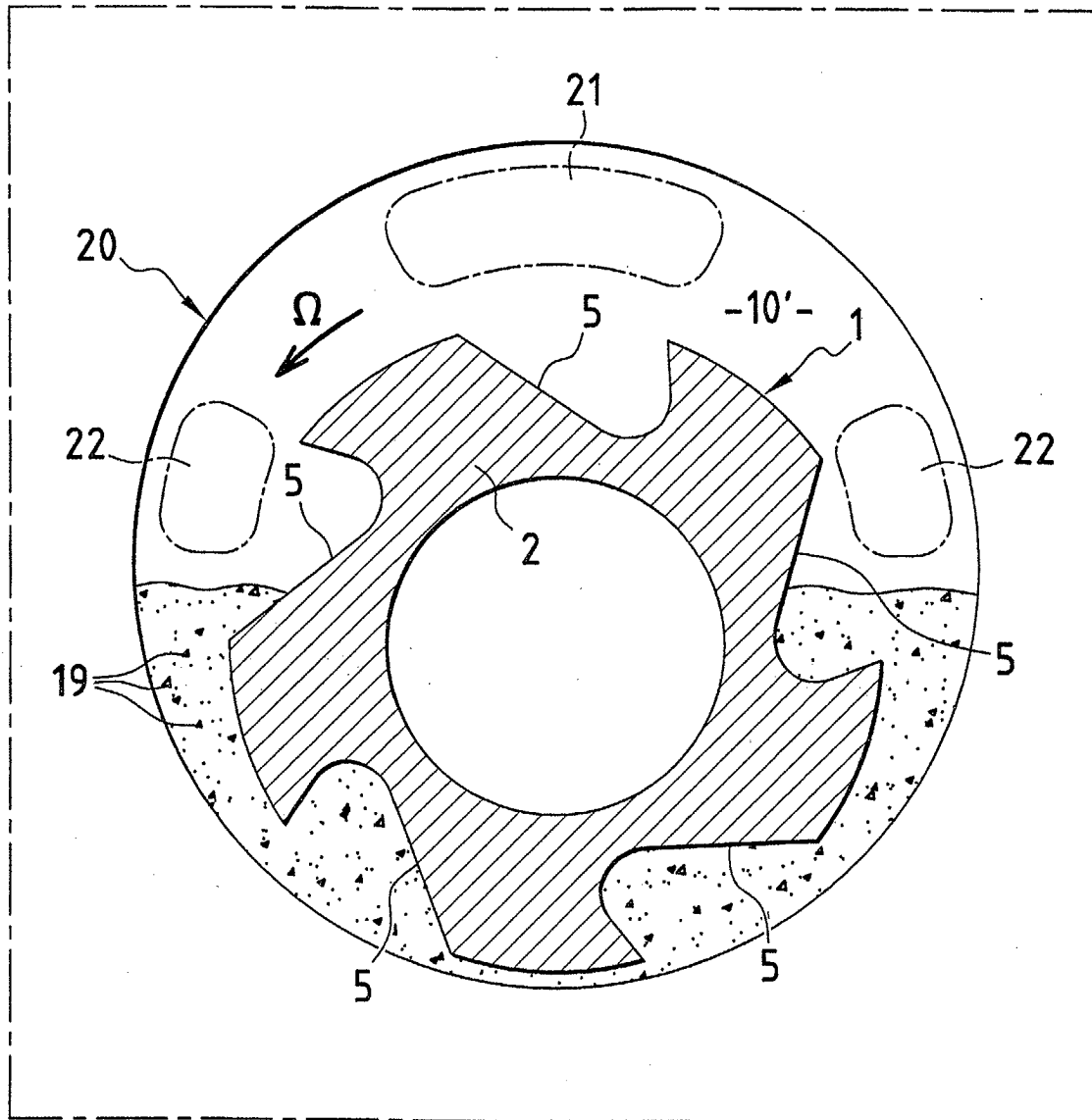


FIG. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 03 29 0005

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
D,A	FR 2 760 783 A (SMF INT) 18 septembre 1998 (1998-09-18) * figures 1,2 *	1-12	E21B17/10 E21B17/22
D,A	FR 2 789 438 A (SMF INT) 11 août 2000 (2000-08-11) * page 8, ligne 4 - ligne 12 *	1-12	
P,A	WO 02 50397 A (RASTEGAR GHOLAM ;WEATHERFORD LAMB (US)) 27 juin 2002 (2002-06-27) * page 6, alinéa 3 * * page 7, alinéa 4 * * figure 2B *	1	
A	US 2 163 932 A (BETTIS WILLIAM I) 27 juin 1939 (1939-06-27) * page 2, colonne 1, ligne 38 - ligne 54 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			E21B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 mars 2003	Examineur Garrido Garcia, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 03 29 0005

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-03-2003

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2760783	A	18-09-1998	FR 2760783 A1	18-09-1998
			EP 0866209 A1	23-09-1998
			NO 981140 A	18-09-1998
			US 6056073 A	02-05-2000
FR 2789438	A	11-08-2000	FR 2789438 A1	11-08-2000
			EP 1026364 A1	09-08-2000
			NO 20000556 A	07-08-2000
			US 6349779 B1	26-02-2002
WO 0250397	A	27-06-2002	AU 2084802 A	01-07-2002
			WO 0250397 A1	27-06-2002
			GB 2370297 A	26-06-2002
US 2163932	A	27-06-1939	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82