



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1012924A5

NUMERO DE DEPOT : 09800753

Classif. Internat. : E21B

Date de délivrance le : 05 Juin 2001

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 21 Octobre 1998 à 15H45 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : DIAMOND PRODUCTS INTERNATIONAL INC.
15955 W Hardy, suite 300, HOUSTON, TEXAS 77060(ETATS-UNIS D'AMERIQUE)

représenté(e)(s) par : Mr.MODRIE, NOVAMARK & VIGNERON, Boulevard du Souverain 7 - B
1170 BRUXELLES.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PERFECTIONNEMENTS AUX TETES DE FORAGE OU CONCERNANT CELLES-CI.

INVENTEUR(S) : Fielder Coy M., 13006 Marion drive, Cypress, Texas 77429 (US); Silva Roger, 12820 Greenwood Forest # 314, Houston, Texas 77066 (US); Rebollido Henry, 3039 Pecan Point drive, Sugarland, Texas 77478 (US); Weston Brad, 764 International blvd.,#44, Houston, Texas (US)

PRIORITE(S) 21.10.97 US USA 8955147

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 05 Juin 2001
PAR DELEGATION SPECIALE :

DELEGUE SPECIAL
MINISTRE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

PERFECTIONNEMENTS AUX TÊTES DE FORAGE
OU CONCERNANT CELLES-CI

L'invention concerne de manière générale les têtes de forage utilisées pour forer des puits de pétrole, de gaz et d'eau, et un procédé pour fabriquer de telles têtes.

5 Une source importante de nombreuses difficultés de forage est l'instabilité des têtes et des trains de forage, qui peuvent être de nombreux types. L'instabilité de la tête et/ou du train se produit probablement plus souvent qu'on ne le remarque facilement par référence à des problèmes visibles. Toutefois, si une telle instabilité est marquée, elle impose une sollicitation élevée à l'équipement de forage

10 qui comprend non seulement les têtes de forage mais aussi les outillages de fond et le train de forage en général. Des difficultés courantes, soulevées par une telle instabilité, comprennent, mais sans y être limitées, un couple excessif, des problèmes de contrôle du forage directionnel, et des problèmes de carottage.

15 Une approche typique pour résoudre ces problèmes est de surdimensionner le matériel de forage, pour résister ainsi à la sollicitation. Or, cette solution est généralement onéreuse et peut, de fait, limiter quelque peu les performances. Par exemple, une tête de forage actuellement disponible dans le commerce comprend des

20 éléments compacts renforcés au diamant polycristallin ("PDC") qui sont consolidés par l'utilisation d'un contour conique ou tronconique relativement grand sur l'élément PDC. L'angle de cône est plus petit que

l'angle de dépouille arrière de la lame, pour permettre à cette dernière de couper dans la formation géologique sous un angle voulu. Bien que cette conception rende les lames PDC plus résistantes, de façon à en réduire l'endommagement, elle ne résout pas le problème fondamental de l'instabilité de la tête. Ainsi, les problèmes de train de forage, les problèmes de contrôle du forage directionnel et les problèmes de couple excessif subsistent. Par ailleurs, comme la plaquette de diamant doit être rectifiée sur toutes les lames PDC, les têtes de forage fabriquées de cette manière sont plus chères et moins résistantes à l'usure par abrasion par comparaison aux mêmes têtes de forage pourvues de lames standard.

Une autre solution antérieure aux problèmes d'instabilité de la tête s'adresse à un type particulier d'instabilité de la tête que l'on appelle généralement tourbillonnement de la tête. Le tourbillonnement de la tête est un processus très complexe qui comprend de nombreux types de schémas de mouvement ou de modes de déplacement de la tête qui fait que la tête, de manière caractéristique, ne reste pas centrée dans le trou de forage. La solution se fonde sur la prémisse qu'il est impossible de concevoir et de construire une tête parfaitement équilibrée. Dès lors, une tête intentionnellement déséquilibrée est prévue, de manière à améliorer la stabilité de la tête. Un inconvénient de ce procédé est que pour qu'elle fonctionne, les forces de la tête doivent être les forces dominantes qui agissent sur la tête. Les têtes sont généralement conçues pour produire un déséquilibre de l'effort de coupe. Malheureusement, il y a de nombreux cas où la gravité ou les mouvements du train génèrent des forces qui sont plus importantes que le déséquilibre prévu de l'effort de coupe, et qui deviennent, de ce fait, les forces dominantes de la tête. Dans de tels cas, le déséquilibre prévu intentionnellement est inopérant pour empêcher la tête de devenir instable et de se mettre à tourbillonner.

Une autre tentative encore, visant à réduire l'instabilité, réclame des dispositifs que l'on appelle généralement limiteurs de pénétration. La fonction des limiteurs de pénétration est de s'opposer à une pénétration excessive de la lame dans la formation, susceptible de conduire à un tourbillonnement de la tête ou à un endommagement de la lame. Ces dispositifs peuvent être efficaces pour empêcher non seulement un tourbillonnement de la tête, mais aussi un déplacement radial de la tête ou des problèmes de vacillement qui se produisent si les efforts de forage ne sont pas équilibrés.

Comme nous en discuterons de manière plus approfondie ci-après, les limiteurs de pénétration devrait de préférence satisfaire à deux conditions. La sagesse conventionnelle dicte que si la tête fore doucement (c'est-à-dire pas d'efforts excessifs sur la lame), les limiteurs de pénétration ne doivent pas être en contact avec la formation. Secondement, si des charges excessives agissent sur toute la tête ou sur une zone spécifique de la tête, les limiteurs de pénétration doivent être en contact avec la formation et empêcher les lames environnantes de pénétrer trop profondément dans la formation.

Pour s'acquitter de cette fonction, les limiteurs de pénétration de la technique antérieure sont placés derrière la tête. Les limiteurs de pénétration de la technique antérieure ne fonctionnent pas efficacement, que ce soit partiellement ou complètement, au moins dans certaines circonstances. Une fois la tête usée, de manière telle que les lames PDC développent un plat dû à l'usure, les limiteurs de pénétration de la technique antérieure deviennent inefficaces parce qu'ils commencent à contacter la formation de manière continue, même si la tête fore doucement. En fait, une tête dont les lames sont usées n'a pas besoin d'un limiteur de pénétration, parce que les méplats dus à l'usure agissent pour maintenir la stabilité. Un limiteur de

pénétration idéal devrait travailler correctement si les lames sont affûtées, mais disparaître ensuite une fois les lames usées.

5 Un autre inconvénient des limiteurs de pénétration de la technique antérieure est qu'ils ne sont pas à même de fonctionner si la tête bascule en avant, comme cela peut arriver avec certains types de turbulence ou de vacillement. Le positionnement arrière des limiteurs de pénétration de la technique antérieure a pour conséquence qu'ils sont soulevés tellement loin de la formation lors d'un vacillement de la tête, qu'ils deviennent inopérants. Aussi, pour être le plus efficace possible, un limiteur de pénétration idéal devrait être aligné sur les lames plutôt que derrière ou devant. Or, ce positionnement prend de l'espace qui est utilisé pour les lames.

15 Des problèmes spécifiques d'instabilité de la tête se posent dans le cas d'une tête à deux centres. Les têtes à deux centres sont utilisées sporadiquement depuis plus de deux décennies en guise d'alternative à l'élargissement. Un aspect souhaitable de la tête à deux centres est son aptitude à traverser un trou étroit puis à forer un trou de plus grand diamètre. Toutefois, les problèmes liés à la tête à deux centres englobent celui d'une brève durée de vie due à des schémas d'usure irréguliers et à une usure excessive, la création d'un trou de dimensions plus étroites que prévues, et des caractéristiques directionnelles médiocres, dans l'ensemble.

20 Pour pallier les inconvénients liés à l'instabilité et à l'usure, de nombreuses solutions ont été proposées. A titre d'exemple, on s'est tourné vers l'emploi de limiteurs de pénétration en vue d'améliorer la stabilité des têtes à deux centres. Cependant, la technique antérieure ne s'est pas intéressée aux difficultés liées au placement de tels limiteurs de pénétration pour stabiliser correctement la tête à deux centres qui, de par sa conception même, est instable. Dans des applications plus traditionnelles, les limiteurs de pénétration ont été placés simplement

25

30

derrière des couteaux multiples prévus sur chaque lame, et seule l'exposition des couteaux au-dessus de la hauteur du limiteur de pénétration a été ressentie comme cruciale pour produire des limiteurs de pénétration de qualité correcte. D'autres considérations, cependant, sont liées au placement de couteaux usinés sur une tête à deux centres, qui doivent tenir compte de l'effort de coupe, tant de l'élargisseur que du trépan pilote.

5 Suite à ces problèmes et d'autres problèmes avancés, la tête à deux centres doit à présent atteindre son potentiel en tant qu'alternative fiable à l'élargissement.

10 En accord avec un aspect de la présente invention, on prévoit une tête à deux centres bénéficiant d'une stabilité renforcée et comprenant un corps définissant une extrémité proximale adaptée pour être raccordée à un train de forage, une extrémité distale et un axe longitudinal, l'extrémité distale comprenant un trépan pilote et une section intermédiaire d'élargisseur, le trépan pilote et la section d'élargisseur comprenant, chacun, au moins un refoulement présentant des surfaces de coupe, ladite section d'élargisseur définissant une surface de coupe antérieure sur le ou un premier refoulement de la section d'élargisseur, et une surface postérieure sur le refoulement ou le dernier refoulement de la section d'élargisseur, une pluralité d'ensembles de coupe étant disposée autour des surfaces de coupe du trépan pilote et de la section d'élargisseur, le ou les refoulements de ladite section d'élargisseur décrivant une section arquée dont les limites sont définies par l'axe, la surface de coupe antérieure et la surface postérieure, où cette section définit un arc ayant un point central, et où au moins une première surface de coupe du pilote est agencée à un endroit situé entre 170 et 190 degrés partant dudit point central autour dudit axe.

25 De préférence, des ensembles de coupe usinés sont positionnés autour de la surface antérieure de l'élargisseur, le long de la

30

ligne définie par la force résultante du trépan pilote et de la section d'élargisseur, pour minimiser encore davantage le déséquilibre des efforts.

5 De manière pratique, ces ensembles de coupe sont situés angulairement autour des surfaces de coupe du pilote et de la section d'élargisseur, pour minimiser la résultante de la somme vectorielle des forces perpendiculaires à la tête F_n , des forces verticales agissant sur la tête F_n , et du couple de la tête F_x .

10 Ces ensembles de coupe sont avantageusement disposés radialement autour de ladite section d'élargisseur et dudit trépan pilote en accord avec une projection d'analyse d'usure de l'outil.

De manière pratique, chacun des ensembles de coupe présente une portion PDC et une portion corps.

15 Lesdits couteaux consistent, de préférence, en des masses compactes de diamant polycristallin braisées à un support de carbure de tungstène.

20 En outre, la tête peut comprendre des limiteurs de pénétration. Les limiteurs de pénétration peuvent être situés autour du trépan pilote sur des surfaces de coupe formées autour d'une ligne définie par la force résultante du pilote et de la section d'élargisseur. La tête peut comprendre des limiteurs de pénétration positionnés autour du trépan pilote sur des surfaces de coupe, les limiteurs de pénétration étant disposés à un endroit compris entre 170 et 190 degrés à partir du point central autour de l'axe.

25 De manière pratique, lesdits limiteurs de pénétration comprennent, chacun, un élément de tungstène en forme de balle de fusil inversée.

De préférence, lesdits limiteurs de pénétration comprennent, chacun, un couteau usiné.

De manière avantageuse, le couteau usiné comprend un corps de carbure de tungstène en forme de balle de fusil, d'une manière générale, qui est fixé à un élément de coupe PDC.

5 De manière pratique, lesdits couteaux usinés sont montés sur une surface de coupe sous un angle de dépouille arrière B choisi.

De préférence, ladite portion PDC comprend un bord tronconique ou biseauté définissant un angle de dépouille arrière A, ledit angle A étant plus grand que l'angle de dépouille arrière B.

10 De manière avantageuse, une seconde surface de coupe du pilote est prévue, laquelle se situe sensiblement en direction du bas, à l'opposé de la première surface de coupe du pilote.

En accord avec un autre aspect de l'invention, on prévoit un procédé améliorant la stabilité d'un assemblage à tête de forage lors du forage d'un percement au travers d'une formation géologique, ladite tête comprenant un corps présentant une extrémité proximale s'emboîtant, fonctionnellement, dans le train de forage, et une extrémité distale définissant un trépan pilote présentant un axe, et où une face dudit corps, entre les extrémités proximale et distale, définit une section d'élargisseur, lesdites sections de pilote et d'élargisseur définissant, l'un comme l'autre, une série de surfaces de coupe, le procédé susdit comprenant les opérations consistant à monter radialement une pluralité d'ensembles de coupe autour des surfaces de coupe du trépan pilote et de la section d'élargisseur, les surfaces de coupe de ladite section d'élargisseur définissant une surface antérieure et une surface postérieure, et à positionner une première surface de coupe dudit trépan pilote à l'opposé dudit élargisseur dans dix degrés d'une ligne tracée du point central à une ligne reliant les points radialement les plus à l'extérieur desdites surfaces antérieure et

15

20

25

postérieure et coupant ledit axe, ou tracée perpendiculairement à cette ligne pour s'écarter de l'élargisseur.

5 Le procédé peut comprendre, en outre, l'opération consistant à positionner des couteaux usinés le long de la surface de coupe antérieure dudit élargisseur.

De préférence, ces couteaux usinés comprennent des masses compactes de diamant polycristallin.

10 De manière pratique, l'élargisseur comprend un refoulement antérieur et des refoulements suivants sur lesquels sont montés les ensembles de coupe, les ensembles de coupe disposés sur le refoulement antérieur étant pourvus d'un angle d'attaque réduit vis-à-vis de la formation géologique, par comparaison aux autres ensembles de couteaux de ladite tête.

15 Avantageusement, des ensembles de coupe usinés sont disposés le long de refoulements prévus le long ou à proximité de la ligne des forces résultantes de l'outil.

20 Le procédé peut comprendre, en outre, l'opération consistant à positionner la section d'élargisseur par rapport au pilote, pour minimiser le déséquilibre de l'effort de coupe entre le pilote et la section d'élargisseur.

Par ailleurs, le procédé peut comprendre l'opération consistant à munir le pilote d'une surface de coupe dans les 170-190 degrés, mesurés par rapport à l'axe de la tête, de cette première surface de coupe.

25 L'invention apporte une solution aux inconvénients associés d'habitude à l'instabilité et aux caractéristiques d'usure médiocres associées aux têtes de forage et plus particulièrement aux têtes à deux centres.

30 Une réalisation préférée de la présente invention comprend, généralement, un trépan pilote présentant un corps en

métal dur définissant une extrémité proximale adaptée pour être couplée, fonctionnellement, au train de forage, et une face d'extrémité pourvue d'une multiplicité d'éléments de coupe et d'une section d'élargisseur formées d'une seule pièce sur une face du corps entre
5 l'extrémité proximale et la face d'extrémité. La tête à deux centres qui en résulte est adaptée pour être mise en rotation dans le trou de forage d'une manière généralement conventionnelle, de façon à créer un trou de diamètre plus grand que le trou par lequel elle a été introduite.

Et le pilote et la section d'élargisseur peuvent être
10 munis d'une pluralité d'ensembles de couteaux PDC autour de la surface de coupe de leurs faces d'extrémité. Les ensembles de couteaux PDC peuvent comprendre au moins un ensemble PDC espacé axialement et latéralement d'une région centrale. Dans une réalisation préférentielle de l'invention, un premier corps métallique est disposé au voisinage d'au
15 moins un couteau d'extrémité PDC et comprend une première surface de glissement profilée de façon à s'étendre vers l'extérieur à partir d'un contact substantiellement continu avec la paroi du trou de forage plutôt que de couper dans la paroi du trou de forage. Un second corps de métal ou limiteur de pénétration est disposé radialement vers l'extérieur
20 et comprend une seconde surface de glissement profilée de façon à s'étendre sur une plus petite distance que le couteau PDC adjacent et est actionnable pour venir au contact de la formation géologique lorsque le couteau PDC voisin pénètre trop profondément dans la formation, pour assurer un contact substantiellement glissant plutôt que
25 coupant avec la formation.

De préférence, le corps de métal vient au contact de la paroi du trou de forage juste à l'avant, par rapport au sens de rotation du forage, d'un ensemble de coupe PDC final. Le second corps de métal ou limiteur de pénétration est doté, de préférence, d'un
30 élément PDC. Le second corps métallique s'étend vers l'extérieur sur une

distance en direction de la formation qui est plus grande que l'élément PDC, au moins avec une tête neuve.

5 Dans une réalisation préférée, les ensembles PDC profilés sont positionnés autour du bord d'attaque de l'élargisseur, de façon à agir comme un limiteur de pénétration. Alternativement, l'angle de coupe de couteaux standard de l'élargisseur peut être réduit de façon à réduire la profondeur de coupe de l'élargisseur. Alternativement ou en plus, un calcul de l'effort de coupe est opéré à la fois pour le pilote et l'élargisseur, pour aboutir à une position angulaire pour les ensembles de couteaux du pilote. Une modification de ce positionnement est alors opérée de façon à réduire à un minimum les différences entre l'amplitude des efforts de coupe du trépan pilote et de l'élargisseur. La position relative du pilote et de l'élargisseur. La position relative du pilote et de l'élargisseur est ensuite ajustée de manière à réduire à un minimum le déséquilibre des efforts entre le pilote et l'élargisseur. Des ensembles PDC usinés sont ensuite positionnés autour des surfaces de coupe du pilote, le long et au voisinage de la direction de la force résultante de manière à maintenir la rotation autour de l'axe.

20 Dans une réalisation préférée, un premier refoulement est situé à 180° environ de l'axe défini par l'élargisseur, ledit premier refoulement étant muni de premiers corps métalliques destinés à maintenir la rotation de la tête autour de l'axe. Dans une autre réalisation, un deuxième refoulement est positionné à 180° environ à l'opposé du premier refoulement et est lui aussi équipé de premiers corps métalliques.

L'invention va être à présent décrite à l'appui d'exemples, par référence aux dessins annexes sur lesquels :

25 La figure 1 est une vue de côté d'une tête de forage à deux centres de la présente invention.

La figure 2 est une vue de bout de la face de travail de la tête de forage selon la figure 1.

5 Les figures 3A-C sont des vues de bout d'une tête à deux centres positionnée dans un trou de forage et illustrant, respectivement, le diamètre du trépan pilote, le diamètre du trou de forage et le diamètre du trou de passage.

Les figures 4A-B illustrent une vue de côté d'une tête à deux centres telle qu'elle peut être logée dans un tubage et en service, respectivement.

10 La figure 5 est une vue de bout d'une tête à deux centres construite en accord avec l'invention, et illustrant les deux centres depuis le déséquilibre.

15 La figure 6 illustre une structure de coupe brasée en position dans une poche fraisée dans une ailette de la tête de forage selon les figures 1 et 2.

La figure 7 présente une vue synoptique schématique d'une tête à deux centres servant d'exemple.

La figure 8 illustre, par diagramme, une courbe d'usure pour la tête à deux centres illustrée à la figure 7.

20 La figure 9 représente, par diagrammes, les positions radiales pour la tête à deux centres illustrative de la figure 7.

La figure 10 représente, par diagrammes, l'addition et le positionnement vectoriels réalisés pour obtenir la force totale de la tête à deux centres illustrative de la figure 7.

25 La figure 11 est un diagramme qui expose des détails de la position du couteau pour le pilote.

Les figures 12A et 12B sont des diagrammes qui énoncent des détails des positions du couteau pour la tête à deux centres.

La figure 13 est une représentation schématique de chacune des forces F_v , F_n et F_x en tant que couteau donné.

5 La figure 14 est une vue schématique qui montre le contact d'un couteau usiné avec le trou de forage, où l'angle de biseau de l'élément PDC est plus grand que l'angle de dépouille arrière du couteau.

10 La figure 15 est une vue schématique d'un insert métallique de surface hémisphérique venant au contact d'une paroi d'un trou de forage juste avant un élément de coupe PDC, par rapport au sens de rotation de la tête.

La figure 16 présente une vue schématique montrant un couteau usiné entre deux ensembles de coupe PDC.

La figure 17 présente une vue schématique montrant le contact de couteaux usinés avec le trou de forage.

15 La figure 18 présente une vue de dessous détaillée d'une autre réalisation d'une tête à deux centres de la présente invention.

La figure 19 présente une vue de dessous détaillée d'une autre réalisation d'une tête à deux centres.

20 Bien que l'invention sera décrite en relation avec des réalisations actuellement préférées, il est bien entendu que l'intention n'est pas de limiter l'invention à ces réalisations. Au contraire, l'intention est de couvrir toutes les alternatives, modifications et équivalents englobés par l'invention telle que définie dans les revendications annexées.

25 A. Structure générale de la tête à deux centres

Les figures 1 et 2 représentent une tête de forage à deux centres du type général dans lequel la méthodologie de production de la présente invention peut être utilisée. Le corps de tête 2, fabriqué en acier ou dans un autre métal dur, présente une broche

30

5 fileté 4 à une extrémité, pour être raccordé au train de forage, et un trépan pilote 3 définissant une face d'extrémité fonctionnelle 6 à son extrémité opposée. Une section d'élargisseur 5 est formée d'un seul tenant avec le corps 2 entre la broche 4 et le trépan pilote 3 et définit une seconde face d'extrémité fonctionnelle 7, comme illustré. L'expression "face terminale de travail" telle qu'elle est utilisée ici englobe non seulement la portion d'extrémité axiale ou portion de contact axiale, représentée à la figure 2, mais aussi des zones contiguës s'étendant le long des faces inférieures de la tête 1 et de l'élargisseur 5.

10 La face d'extrémité fonctionnelle 6 du trépan pilote 3 est traversée par plusieurs refoulements adoptant la forme d'ailettes ou lames 8 rayonnant depuis la zone centrale inférieure du trépan et s'étendant au travers du dessous et le long de la surface latérale inférieure du trépan 3. Les ailettes ou lames 8 sont espacées uniformément autour de toute la périphérie du corps 2. Des ailettes 8 portent des éléments de coupe 10, que nous décrirons plus en détail ci-dessous. Juste au-dessus des extrémités supérieures des ailettes 8, le trépan 3 définit une jauge ou section de stabilisation comprenant des ailettes stabilisatrices ou déflecteurs 12, dont chacun est le prolongement d'une certaine ailette 8 portant un couteau. Les ailettes 8 sont en contact avec les parois du trou de forage qui a été percé par la face d'extrémité fonctionnelle 6 pour centrer et stabiliser l'outil 1 et pour aider à contrôler ses vibrations (voyez figure 4).

25 La section d'élargisseur 5 comprend deux lames 11 ou plus, qui sont positionnées excentriquement au-dessus du trépan pilote 3 d'une manière que la figure 2 illustre le mieux. Les lames 11 portent elles aussi des éléments de coupe 10 décrits plus bas. Les lames 11 rayonnent depuis l'axe de l'outil mais sont positionnées uniquement autour d'une portion choisie du quadrant de l'outil lorsqu'on l'observe en coupe transversale d'extrémité. De cette façon, l'outil 1 peut être

30

enfoncé dans un trou très légèrement plus grand que le diamètre maximum dessiné au travers de la section d'élargisseur 5, mais est apte à percer un trou foré de diamètre sensiblement plus grand que le diamètre de passage. Voyez les figures 3A à 3C qui montrent le diamètre du trépan pilote et le diamètre du trou de forage. On a également représenté le diamètre de passage minimum de l'outil, qui est légèrement plus grand que le diamètre du trépan pilote, mais inférieur au diamètre du trou de forage.

La figure 4A montre l'outil traversant un tubage présentant un diamètre juste légèrement plus grand que le diamètre de passage minimum, et la figure 4B montre l'outil en action en train de percer un trou de diamètre plus grand que le diamètre de passage.

Comme l'illustre la figure 1, des éléments de coupe 10 sont positionnés sur le pourtour de la face d'extrémité fonctionnelle 7 de la section d'élargisseur 5. Juste au-dessus des extrémités supérieures de l'ailette 11, la section d'élargisseur 5 définit une jauge ou ailettes stabilisatrices ou déflecteurs 17, dont chacun est le prolongement d'une certaine ailette 11 portant un couteau. Les ailettes 11 sont en contact avec les parois du trou de forage qu'a percé la face d'extrémité fonctionnelle 7, pour centrer et stabiliser davantage l'outil 1 et pour aider à contrôler ses vibrations.

La section stabilisatrice intermédiaire définie par les ailettes 11 et la broche 4 est une tige 14 présentant des méplats 15 pouvant être mis en prise pour solidariser et désolidariser l'outil 1 du train de forage (non figuré). Par référence, de nouveau, à la figure 2, le dessous du corps de couronne 2 présente un certain nombre de lumières ou buses 15 de communication situées près de son axe. Les buses 15 sont en communication avec les zones en renforcement entre les ailettes 8 et 11, zones qui servent d'espaces d'écoulement de fluide en cours d'utilisation.

Si l'on se reporte à présent aux figures 1 et 2, le corps de couronne 2 est appelé à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un axe X, lorsqu'on l'observe en direction du bas. Ainsi, chacune des ailettes 8 présente une surface de bord d'attaque 8A et une surface de bord de fuite 8B. Chacune des ailettes 11 présente également une surface antérieure et une surface postérieure. L'ailette antérieure 11, dans la direction de rotation de la tête, présente un bord d'attaque 11A et un bord de fuite 11B. L'ailette suivante 11 dans le sens de rotation présente un bord d'attaque 11C et un bord de fuite 11D. La dernière ailette 11 présente un bord d'attaque 11E et un bord de fuite 11F.

Les ailettes 11 de la section d'élargisseur décrivent donc une section en forme d'arc délimitée par la surface de coupe antérieure initiale 11A de la première ailette 11 et par la dernière surface postérieure 11F de la dernière ailette, et par l'axe de l'outil. La section en forme d'arc définit un point central. Le point central peut être mesuré le long de l'arc pris depuis la ligne du bord d'attaque 11A jusqu'à la ligne du bord de fuite 11F ou, à titre d'alternative, le point central peut être déterminé en dessinant une ligne L depuis le point radial extrême du bord d'attaque 11A, jusqu'au point radial extrême du bord de fuite 11F, et en mesurant le point central M de la ligne.

Il s'est avéré que pour rendre maximale la stabilité de la tête de forage, lorsqu'elle est en service, le pilote devrait être construit de telle sorte qu'une surface de coupe du pilote soit située quasiment à l'opposé, diamétralement, du point central de la section d'élargisseur. Ainsi, la position optimum pour une surface de coupe du pilote peut être déterminée en traçant une ligne N partant du point central M et traversant l'axe X, et en déterminant l'endroit où la ligne traverse la région occupée par le pilote du côté de l'axe opposé à la section d'élargisseur. Comme on peut le voir à la figure 2, la position

optimum est au point P. On s'est aperçu que des résultats satisfaisants sont obtenus si le couteau se situe dans les 10 degrés de la ligne N autour de la périphérie de la tête telle que mesurée à partir de l'axe X.

5 Ainsi, il faut entendre que dans une réalisation de l'invention, au moins une première surface de coupe du pilote est située entre 170 et 190 degrés du point central M autour de l'axe X de la tête.

10 Comme le montre la figure 6, chacun des éléments coupants 10 est constitué, de préférence, d'un plot 38 fabriqué en carbure de tungstène fritté ou dans un autre matériau standard et présentant une forme similaire à celle d'une balle de fusil, et une couche 22 de diamant polycristallin portée par la face d'attaque du plot 38 et définissant la face de coupe 30A de l'élément coupant. Les éléments de coupe 10 sont montés dans les ailettes respectives 8 et 11, de sorte que leurs faces coupantes soient exposées au travers des surfaces de bord d'attaque 8A et 11A, 11C et 11D, respectivement. Les ailettes 8 et 11 sont elles mêmes fabriquées, de préférence, en acier ou dans un autre métal dur. Le plot de carbure de tungstène 38 est de préférence brasé dans une poche 32. La matière de brasage en excès 39 est incluse dans la poche. Les éléments de coupe présentent chacun un angle d'attaque par rapport à la formation géologique devant être percée. De préférence, les éléments de coupe des surfaces de bord d'attaque les plus avancées 8A et 11A présentent un angle d'attaque réduit par rapport à la formation, par comparaison aux autres éléments de coupe de la tête.

25 Lorsqu'une tête de forage PDC conventionnelle tourne, elle a tendance à creuser dans la partie latérale du trou de forage. Ce phénomène s'accroît lors des passes ultérieures de la tête. Progressivement, un défaut d'uniformité est créé dans la paroi du trou de forage, ce qui provoque un impact sur le couteau périphérique consécutif au ballottement de la tête. Ainsi, comme les têtes PDC ont

30

tendance à rendre le trou de forage légèrement plus large que le diamètre périphérique de la tête, amenant souvent la tête à balloter lorsqu'elle tourne, les ailettes stabilisatrices 12 sont exposées à des forces d'impact importantes qui peuvent également endommager les ensembles de coupe. Pour réduire à un minimum cet impact sur les ensembles de coupe et la tête, un bouton peut être prévu sur une surface du diamètre périphérique, en sorte que le bouton fasse saillie latéralement juste au-delà des autres éléments de coupe. Le bouton saillant encaisse l'impact au lieu du couteau, et protège ainsi la structure de ce dernier. Le bouton peut être fabriqué en carbure de tungstène ou dans un autre matériau métallique dur, ou il peut être en acier plaqué avec un autre matériau dur. Ainsi, dans une réalisation préférentielle de l'invention, l'insert en carbure de tungstène est positionné sur l'ailette stabilisatrice ou sur un refoulement afin d'encaisser l'impact qui, sinon, aurait été infligé à l'ensemble de coupe. Dans une réalisation préférentielle, les limiteurs de pénétration sont disposés entre 170 et 190 degrés à partir du point central M autour de l'axe X de la tête.

La figure 15 illustre plus en détails le concept qui précède. Si l'on se reporte à la figure 15, un bouton 152 en carbure de tungstène présente une surface de glissement 154 sphérique, en forme de balle de fusil, pour venir en contact sensiblement glissant avec la paroi 156 du trou de forage, plutôt que de couper dans la formation géologique 166 comme le fait un couteau PDC. Le bouton 152 fait saillie de la lame ou refoulement 153 jusqu'au diamètre périphérique de la tête. Le trou de forage sera décrit, de manière caractéristique, comme ayant un diamètre calibré, le trou de forage de dimensions idéales produit grâce aux dimensions spécifiques de la tête, bien que la taille réelle du trou de forage différera souvent du diamètre calibré, en fonction du durcissement de la formation, de l'écoulement du fluide de forage, etc. Ainsi, le bouton 152 est positionné, de préférence, pour être

exactement au même diamètre que la face de coupe adjacente, en ce cas la face de coupe 158 d'un ensemble de coupe PDC 160. L'ensemble de coupe PDC 160 tel que représenté fait partie d'une pluralité d'ensembles de coupe PDC 10 et pour son refoulement, l'ensemble de coupe est écarté plus loin de l'extrémité de la face de coupe, dans la direction axiale, vers les filets. Chaque refoulement 8 ou 11 comporterait un ensemble de coupe PDC final 160.

Le bouton 152 se prolonge d'une distance D juste au-delà des éléments de coupe adjacents, dans le sens de rotation de la tête de forage tel que matérialisé par la flèche de sens de rotation 161 ou, comme on l'a dit ci-avant, dans la direction s'écartant latéralement juste au-delà des autres éléments de coupe tels que la section PDC 158 de l'ensemble de coupe PDC 160. Le bouton 152 encaisse l'impact, à la place de l'ensemble de coupe PDC 160, en protégeant ainsi l'ensemble de coupe PDC 160.

La distance D variera en fonction de la taille de la tête, mais sera comprise, typiquement, entre 0,32 cm, environ, et 1,60 cm environ (d'environ un huitième de pouce à environ cinq huitièmes de pouce), une distance de 0,96 cm à 1,27 cm, environ, (environ trois huitièmes de pouce à un demi-pouce) étant typique. En termes de degrés sur le pourtour de la circonférence générale de la tête de forage 150, le point de contact 162 du bouton 152 au point de contact 164 de l'élément PDC 158 pourra varier, typiquement, d'environ un degré à environ quinze degrés, cinq à six degrés étant le plus typique sur une tête neuve. Les points de contact 162 et 164 s'élargiront à mesure que la tête s'usera.

La surface de glissement 154 du bouton 152 est sensiblement hémisphérique dans une réalisation préférentielle. Par conséquent, la surface de glissement 154 glisse non seulement latéralement ou en tournant dans le sens de rotation 161 de la tête de

forage, mais elle glisse aussi axialement par rapport au train de forage. La surface de glissement 154 pourrait avoir d'autres formes, le critère étant qu'en substance, la surface 154 glisse plutôt que taille dans la formation géologique 166, spécialement latéralement ou en tournant dans le sens de rotation 161 de la tête de forage.

5

De manière commode, la construction d'un corps de métal dur, p.ex. un corps de couteau en carbure de tungstène, en forme de balle de fusil est facilement obtenue, parce que le plot 38 en forme de balle de fusil, dont nous avons parlé plus haut, peut simplement être renversé pour fournir un bouton 152 aisément disponible présentant la surface de glissement 154 actuellement désirée.

10

En maintenant un contact glissant substantiellement continu avec la paroi 156 du trou de forage, non seulement le bouton 152 protège les éléments de coupe PDC des impacts avec des irrégularités du trou de forage, mais il assure encore la fonction de prévention ou de limitation de la turbulence de la tête pour ainsi stabiliser de manière significative la tête de forage 150 dans le trou de forage 168. Le bouton 152 empêche l'élément de coupe PDC final 160 de tailler trop profondément dans la direction radiale extérieure, pour limiter ainsi le mouvement radial de la tête et limiter dès lors la turbulence. Une réduction ou une limitation de la turbulence se traduit par une réduction de l'endommagement de la tête de forage et rend ainsi la tête plus facile à diriger, sans "marche" dans une direction non souhaitée, comme cela peut se produire avec des constructions de têtes de forage moins stables.

15

20

25

Une autre réalisation de l'invention est représentée à la figure 16. Le bouton 172 est, de préférence, un élément en forme de balle de fusil, à l'instar du bouton 152 dont il est question ci-dessus, et peut également être utilisé sur la face de coupe 162 de la tête 150. Dans

cette réalisation, le bouton 172 est utilisé à titre de limiteur de pénétration et est positionné entre deux couteaux voisins 178 et 179.

5 Le bouton 172 est généralement aligné sur les éléments de coupe PDC voisins 178 et 179. L'extrémité radiale extrême du bouton définit une surface de glissement arrondie 174. Le bouton 172 n'est de préférence pas placé devant ou derrière les éléments de coupe PDC voisins 178 et 179, par référence au sens de rotation de la tête, comme dans la technique antérieure. En conséquence, le bouton 172 reste opérationnel même si la tête se tord ou s'incline d'une manière qui
10 tendrait à soulever de la paroi du trou de forage 156 un tel limiteur de pénétration de la technique antérieure, le rendant inopérant à cause de sa position devant ou derrière les éléments de coupe PDC voisins 178 et 179.

15 Lorsque le bouton 172 est utilisé dans ce but sur une tête de forage, la surface de glissement 174 s'étend extérieurement vers la paroi 156 du trou de forage partant du refoulement ou de la lame 153, sur une distance de contact "E". La distance de contact "F" de l'ensemble de coupe PDC voisin est la distance sur laquelle les éléments de coupe PDC voisins 178, 179 s'étendent en direction de la paroi 156 du
20 trou de forage ou de la formation 166. La distance de contact "E" de la surface de glissement 174 est de préférence inférieure à la distance de contact "F" de l'ensemble de coupe PDC voisin 178. Le bouton 172 se comporte par conséquent en limiteur de pénétration qui ne vient pas au contact de la formation géologique 166 avant que l'ensemble de
25 coupe PDC voisin 178 taille trop profondément dans la formation. La surface 174 est usinée pour glisser sur la formation 166, essentiellement, plutôt que pour tailler dans celle-ci, et limite dès lors la pénétration des éléments de coupe PDC voisins 178 et 179 dans la formation. De cette manière, la surface 174 favorise la stabilité de la tête en limitant
30 l'inclinaison ou la turbulence de la tête. Ainsi, la surface 174, qui est de

préférence une surface en forme de balle de fusil ou hémisphérique pour glisser plutôt que tailler, ne vient normalement pas au contact de la paroi 156 du trou de forage sauf si c'est nécessaire pour accroître la stabilité. On notera que la distance F peut ne pas être toujours égale pour des ensembles de coupe PDC voisins 178, 179, mais elle sera toujours, de préférence, supérieure à "E".

B. Couteaux usinés

Comme le montrent les figures 14 et 17, un couteau usiné 170 peut être utilisé à la place du bouton 172 comme limiteur de pénétration. Le couteau usiné 170 présente des avantages significatifs par rapport au bouton 172 pour une utilisation comme limiteur de pénétration, comme nous en discuterons ci-après. Ainsi, la distance "E" appliquée au couteau usiné 170, est également la distance sur laquelle le couteau usiné 170, ou plus spécifiquement le corps 176 du couteau usiné 170 s'étend vers la paroi 156 du trou de forage ou de la formation géologique 166. La distance "F" sera plus grande que la distance "E" si la tête est neuve. Le couteau usiné 170 viendra au contact de la paroi 156 du trou de forage lorsque des ensembles de coupe PDC voisins, tels que 178 ou 179, creuseront trop profondément dans la formation géologique 166. Le couteau usiné 170 est disposé entre et en alignement avec les ensembles de coupe voisins 178, 179, de la manière décrite plus bas.

Les caractéristiques fondamentales des couteaux usinés 170 sont peut-être mieux illustrées par voie de référence à la figure 14 sur laquelle on a représenté schématiquement un couteau usiné 170 grossi. Le couteau usiné 170 comprend, de préférence, un corps de carbure de tungstène 176 en forme de balle de fusil, de manière générale, auquel est fixé un élément de coupe PDC 178. Sur le couteau usiné 170 est montée la lame 153 avec un angle de dépouille arrière B, à savoir l'angle de la face PDC 175 par rapport à la perpendiculaire 177 à la paroi 156 du trou de forage, comme le montre la figure 14.

La portion PDC 178 comprend un bord tronconique ou biseauté 180. L'angle "A" de ce bord biseauté est déterminé par plusieurs facteurs de conception de la tête tels que la dépouille arrière du couteau. Pour la réalisation actuellement préférée, l'angle "A" du bord biseauté est plus grand que l'angle de dépouille arrière B. De cette manière, on notera que c'est le corps 176 plutôt que la portion PDC 178 qui vient au contact de la paroi 156 du trou de forage, lorsqu'un contact se produit comme nous en avons discuté plus haut. Par exemple, la portion de coupe PDC 178 peut être rectifiée à un angle de 30° tandis que l'angle de dépouille arrière sera de 20°. Ainsi, il y a un angle de 10° entre la portion PDC 178 et la paroi 156 du trou de forage. De cette manière, la portion PDC 178 est pour ainsi dire empêchée, du moins au départ, de tailler dans la formation comme d'autres ensembles de coupe PDC tels que l'élément de coupe PDC 182. La surface 181 s'étend radialement vers l'extérieur en direction de la formation, sur une distance "H".

Comme nous l'avons dit plus haut, dans des conditions normales de forage et si la tête 150 est neuve et relativement non usée, la surface de glissement 181 du couteau usiné ne vient normalement pas du tout au contact de la paroi 156 du trou de forage. A cet effet, l'élément de coupe PDC 182 se prolonge extérieurement, plus loin que la surface 181, sur une distance "G".

Lorsque la tête de forage 150 est neuve, la surface de glissement 181 vient au contact de la paroi 156 du trou de forage uniquement si les ensembles de coupe PDC adjacents tels que l'ensemble de coupe PDC 182 taillent trop profondément dans la formation 166. Cependant, si l'ensemble de coupe PDC voisin 182 taille trop profondément dans la formation 166, la surface de glissement 181 vient au contact de la paroi 156 du trou de forage, d'une manière sensiblement glissante plutôt que coupante, pour limiter encore

d'avantage la pénétration par les ensembles de coupe PDC tels que l'ensemble de coupe PDC 182. Ainsi, les couteaux usinés 170 en limiteurs de pénétration interviennent pour limiter l'inclinaison et la turbulence de la tête 150. Les couteaux usinés 170 sont disposés en ligne avec les autres ensembles de coupe PDC assemblés sur la tête, comme on en a discuté précédemment, si bien qu'ils restent efficaces même si la tête se tord ou d'incline comme quand des charges excessives sont appliquées sur la tête, à titre d'exemple.

5

A mesure que la tête 150 s'use par suite de sa rotation, l'ensemble de coupe PDC 182 s'use et la surface 181 du couteau usiné 170 s'use elle aussi. L'usure des deux éléments continue jusqu'au point où la portion PDC 178 du couteau usiné 170 commence à contacter la paroi 156 du trou de forage de manière sensiblement continue. A ce moment, le couteau usiné 170 devient, pour l'essentiel, exactement comme les autres couteaux PDC. Ainsi, le couteau usiné 170 se comporte en limiteur de pénétration idéal qui "disparaît" après que la tête est usée.

10

15

Comme nous en avons parlé ci-dessus, après que la tête est usée, une stabilisation de cette dernière à l'aide de limiteurs de pénétration est généralement inutile car les surfaces usées agissent elles mêmes pour stabiliser la tête. Des surfaces supplémentaires, telles que celles des limiteurs de pénétration de la technique antérieure, augmentent le couple nécessaire pour faire tourner la tête sans fournir une quelconque stabilisation supplémentaire substantielle pour la tête. De même, sur une tête usée, de tels limiteurs de pénétration sont inefficaces car le contact des limiteurs de pénétration est continu au lieu de limité afin d'empêcher une pénétration excessive des couteaux.

20

25

Bien que diverses formes soient potentiellement possibles pour le couteau usiné 170, il est souhaitable que (1) le couteau usiné soit profilé de façon à ce qu'une surface essentiellement glissante

30

viennent au contact de la formation géologique, à savoir que la surface glisse, essentiellement, plutôt qu'elle ne taille, (2) qu'en temps normal, la surface de glissement ne vient pas au contact de la formation sauf si les efforts de la tête sont déséquilibrés et (3) qu'à mesure que la surface de glissement s'use, en même temps que les autres ensembles de coupe PDC, la portion PDC du couteau usiné est éventuellement exposée de façon à venir de manière sensiblement continue en contact avec la formation, comme le font les autres ensembles de coupe PDC, c'est-à-dire que le limiteur de pénétration "disparaît" et un couteau prend sa place.

C. La tête à deux centres préférentielle

Une réalisation de la tête à deux centres de l'invention est développée comme suit. Premièrement, des éléments de coupe sont positionnés sur le pourtour de la face de coupe selon des techniques connues telles que l'analyse de l'usure, le volume de coupe, la vitesse de travail (puissance) par couteau, etc. Une fois la position radiale des couteaux déterminée, on effectue un calcul de l'effort de coupe tant pour le pilote que pour l'élargisseur. Cet effort de coupe est établi par la combinaison de trois équations représentant l'effort normal F_n , le couple de la tête F_x , et l'effort vertical F_v ,

La relation vectorielle de chacun de ces efforts est illustrée à la figure 13.

L'effort de coupe total pour un trépan ou un élargisseur correspond à la somme des efforts de coupe pour chaque couteau individuel. Changer la position angulaire des couteaux permet de modifier la direction et l'amplitude de l'effort de coupe résultant de la tête à deux centres. Tandis que la position angulaire de l'élargisseur permet peu de flexibilité, on peut exécuter des déplacements importants de la position angulaire des couteaux du pilote. Le positionnement angulaire des éléments de coupe est effectué à l'aide d'un système de grille à coordonnées polaires.

Une fois les positions radiale et angulaire des couteaux établies, un calcul par itération est effectué pour aboutir à une amplitude et à un effort de coupe voulus. A ce stade de la procédure, l'effort de coupe est remesuré et la position angulaire de certains couteaux est modifiée afin de parvenir à une amplitude d'effort de coupe résultant du pilote qui soit la plus proche possible de l'amplitude de l'effort de coupe de l'élargisseur. Une fois connu l'effort de coupe pour le pilote et l'élargisseur, on peut déterminer la position relative du pilote et de l'élargisseur. L'élargisseur est positionné de telle sorte par rapport au trépan pilote, que la direction de l'effort de coupe du trépan pilote soit opposée à l'effort de coupe de l'élargisseur (voyez figure 5).

25

30

Ceci s'opère par analyse vectorielle. L'effet net est, de préférence, un outil dont le déséquilibre total des efforts n'est pas supérieur à 1,5 %.

5 A titre d'alternative, les couteaux sont positionnés sur le pourtour des surfaces de coupe du pilote, pour engendrer à dessein un déséquilibre important des efforts. L'élargisseur est alors positionné vis-à-vis du pilote de façon à réduire à un minimum l'effort résultant.

10 De plus, ou à titre d'alternative, les positions des éléments de glissement, p.ex. les boutons de carbure 152, peuvent être à présent sélectionnées et mises au point de façon à maintenir la rotation autour de l'axe du pilote. Comme illustré à la figure 5, le premier endroit où ces éléments 152 peuvent être placés est la lame d'attaque 11 de la section d'élargisseur 5. Le deuxième endroit est une face du trépan pilote 3 dans la direction de l'effort de coupe à l'opposé des lames d'élargisseur 11. Ces éléments de glissement ou limiteurs de 15 pénétration sont concentrés autour des refoulements orientés autour de la ligne de force résultante. Quelques limiteurs de pénétration sont positionnés le long des refoulements flanquant cette ligne résultante.

20 La stabilisation peut également s'opérer en abaissant le profil des couteaux ou en utilisant de plus petits couteaux sur la lame d'attaque de l'élargisseur. De cette façon, la morsure de la première lame de l'élargisseur est réduite, réduisant ainsi l'oscillation. Toujours à titre d'alternative, l'angle d'attaque des couteaux peut être réduit en culbutant les couteaux en arrière par rapport à la matrice de montage.

Exemple

25 On a demandé une tête à deux centres qui passerait au travers d'un trou de 21,29 cm (8 3/8") et forerait un trou de 23,50 cm (9 1/4") (voyez figures 3A-C). Il était demandé que le diamètre de l'élargisseur soit suffisamment petit pour permettre le passage d'outils suivants. Les dimensions générales de l'outil ont été calculées comme 30 suit et sont illustrées à la figure 7.

Elargisseur - 11,76 cm (4,63") de rayon

Diamètre de forage - 23,50 cm (9,25")

Diamètre maximum de l'outil - 19,53 cm (7,69")

On a ensuite déterminé le positionnement radial des
 5 couteaux. Dans cet exemple, le positionnement a été exécuté à l'aide
 d'une analyse de la courbe d'usure. La courbe d'usure pour une tête à
 deux centres des dimensions en question est tracée à la figure 8. Cette
 courbe d'usure a été tracée en utilisant un profil de couteau optimum ou
 "modèle" tel qu'illustré à la figure 9. Le graphique d'usure illustre le
 10 nombre d'usure partant du centre de la tête jusqu'à la périphérie, plus le
 nombre étant élevé, plus vite cette zone de la tête s'usera. Le but est de
 concevoir une tête de façon à ce qu'elle présente un nombre d'usure
 constant, du centre à la périphérie. Les valeurs d'usure régulier ou
 constant du centre à la périphérie. Les valeurs d'usure elles mêmes
 15 représentent un nombre sans dimensions et sont significatives seulement
 lorsqu'on compare la résistance à l'usure des unes par rapport aux autres
 sur la même tête.

Le profil de couteau représente une distribution
 optimale des couteaux à la fois sur le pilote et l'élargisseur, pour des
 20 rayons de 0-118 mm vers l'extérieur jusqu'à la périphérie de la tête, et
 leurs schémas d'usure prédits. La précision de cette prédiction a été
 confirmée par l'analyse de têtes émoussées de plusieurs types de têtes,
 de tailles de couteaux, et de formations. Cette prédiction de l'usure est
 basée sur une usure par abrasion normale d'un matériau PDC. A partir de
 25 ce profil, on peut déterminer le volume des diamants polycristallins pour
 des valeurs de rayon de 0-118 mm. En solutionnant pour A dans
 l'équation :

$$A = \frac{r^2}{KV}$$

30 où A est le nombre d'usure, K est une constante, V est le volume du
 diamant polycristallin sur la face de coupe au rayon de la tête, calculé

à des incréments espacés partant d'un rayon de tête égal à 0 et allant jusqu'à un rayon de tête égal à 118 mm, la valeur d'usure est d'abord tracée sur la courbe pour le modèle hypothétique. Cette technique destinée au positionnement radial est bien connue de l'homme de
 5 métier. En outre, on envisage que d'autres techniques de positionnement radial citées précédemment pourront être utilisées également.

Une fois la position radiale des éléments de coupe déterminée, on s'en sert pour développer les positions angulaires des
 10 couteaux de façon à obtenir la force voulue nécessaire pour que l'outil conserve sa stabilité et une longue durée de service. Ceci s'obtient à l'aide des rapports suivants :

$$F_N = \frac{\cos(\alpha - BR)}{1 - \sin(\alpha - BR)} \cdot (d_w \cdot B_f \cdot RS \cdot d_{ce} \cdot C_1) + (A_w \cdot RS \cdot C_2)$$

$$F_x = \frac{\sin(\alpha - BR)}{1 - \sin(\alpha - BR)} \cdot (C_3 \cdot RS \cdot d_w \cdot d_{cm}) + (C_4 \cdot F_N)$$
 15

et

$$F_v = F_N \cdot \cos \beta$$

20 où F_n est la force dont il faut disposer pour garder le PDC pressé dans la formation géologique à une profondeur de taille donnée, α est une constante de roche, BR est l'angle d'inclinaison arrière du couteau; d_w est la largeur de coupe, B_f est le facteur de la tête, déterminé expérimentalement, entre 0,75 et 1,22; RS est la résistance de la roche;
 25 d_{ce} est la profondeur de coupe; C_1 est une constante adimensionnelle, déterminée expérimentalement, entre 1.050 et 1.150; A_w est la zone plate d'usure, zéro dans une tête affûtée, calculée sur la base de la géométrie du couteau; C_2 est une constante adimensionnelle, déterminée expérimentalement, entre 2.100 et 2.200; C_3 est une
 30 constante adimensionnelle déterminée expérimentalement entre 2.900 et 3.100; d_{cm} est la profondeur moyenne de coupe; C_4 est une constante

adimensionnelle, déterminée par expérience entre 2.900 et 3.100; F_x est l'effort de coupe; et β est l'angle de profil.

Les forces reprises ci-dessous sont la somme vectorielle des efforts de couteaux individuels :

5	RS	=	1,24 z 10 ⁵ KN/m ² (18000 psi)
	A _w	=	0
	B _F	=	1
	C ₁	=	1,100
	α	=	34°
10	C ₂	=	2,150
	C ₃	=	3.000
	C ₄	=	.3
	d _{CE}	=	0,12 cm (.05 pouce)

15 d_v , B, BR sont différents pour chaque construction et pour chaque couteau individuel.

Vu les positions angulaires de la tête à deux centres servant d'exemple, les efforts angulaires de l'élargisseur ont été calculés, pour cet exemple, de la manière suivante :

	Pourcentage de déséquilibre	33,75 %
20	Force de déséquilibre	22,7KN(5116.63lbf)@305.3°
	Force de déséquilibre radiale	7,27KN(1635.40lbf)@253.3°
	Force de déséquilibre périphérique	19,16KN(4308.32lbf)@327.7°
	Force de déséquilibre d'inclinaison latérale	1,15KN(259,50lbf)@178.7°
25	Poids sur la tête	6,91z10 ³ KG(15160.39lbf)
	Couple de la tête	2,97KNM(2198.44ft-lbf)

On a ensuite calculé les efforts angulaires pour le pilote.

	Pourcentage de déséquilibre	14,51 %
30	Force de déséquilibre	631KN(149.94lbf)@288.7°

	Force de déséquilibre radiale	1,27KN(285.47lbf)@317°
	Force de déséquilibre périphérique	523KN(1176.16lbf)@282.1°
	Force de déséquilibre d'inclinaison latérale	51N(11,56lbf)@282.1°
5	Poids sur la tête	4,45x10 ³ kg(9784.36lbf)
	Couple de la tête	1,29knm(958.30ft lbf)

L'effort collectif pour la tête à deux centres a ensuite

suivi :

	Pourcentage de déséquilibre	12,5 %
10	Force de déséquilibre	8,19kn(1842.29lbf)@309,4°
	Force de déséquilibre radiale	5,98kn (2097.12lbf)@228,8°
	Force de déséquilibre périphérique	9,32kn(2097.12lbf)@348,7°
	Force de déséquilibre d'inclinaison latérale	1,03kn(232,23lbf)@178.7°
15	Poids sur la tête	6,91x10 ³ kg(15.159,64lbf)
	Couple de la tête	2,97knm(2198.44ft lbf)

On positionne ensuite le pilote et l'élargisseur l'un par rapport à l'autre, de façon à réduire leur somme vectorielle. La figure 10 illustre l'addition vectorielle et le positionnement du pilote et de l'élargisseur de façon à obtenir le déséquilibre total de 12,15 % tel qu'identifié ci-dessus.

Sur la base des informations qui précèdent, on a ensuite calculé les positions des couteaux pour le pilote. Pour l'exemple donné, des informations relatives aux positions des couteaux usinés par rapport (1) au rayon, (2) à l'angle d'inclinaison arrière, (3) à l'angle d'inclinaison latérale, (4) à l'angle de profil, (5) à la position longitudinale, (6) à la position angulaire sont énoncées à la figure 11, les informations correspondantes concernant les positions du couteau pour la tête à deux centres étant exposées à la figure 12. Dans cet exemple, le déséquilibre total était de 12,15 %.

Une fois que les positions radiale et angulaire des
couteaux usinés ont été établies, et que la position relative de
l'élargisseur vis-à-vis du pilote a été déterminée, les éléments de coupe,
p.ex. des éléments PDC usinés ou des boutons en carbure de tungstène
5 ont été rapportés à la surface de coupe de l'outil pour réduire encore
davantage l'usure de la tête et améliorer la stabilité de cette dernière
dans des zones susceptibles d'être exposées à une pénétration
excessivement importante des couteaux. Ceci s'est fait en plaçant des
limiteurs de pénétration sur le bord d'attaque de l'élargisseur sur chaque
10 face disponible du couteau.

Bien qu'on n'y ait pas fait appel dans cet exemple,
on pourrait monter à titre d'alternative sur l'élargisseur des couteaux
standard avec un angle d'attaque réduit, p.ex. chanfreinés ou abaissés
en profil. Toujours à titre d'alternative ou en plus, des couteaux usinés
15 auraient pu être lacés sur les refoulements du pilote le long de la ligne
de force résultante. Chacun de ces procédés alternatifs, mis en oeuvre
indépendamment ou conjointement avec les techniques citées ci-
avant, servent à stabiliser la tête à deux centres.

Une autre réalisation de l'invention envisage le
20 placement d'une ailette environ à 170 à 190 degrés à l'opposé du point
central défini entre les bords d'attaque et de fuite de la section
d'élargisseur. Par référence à la figure 18, une tête à deux centres est
équipée d'un élargisseur 200 décrivant un bord d'attaque 202 et un bord
de fuite 204. Les ailettes 205 définissant toutes deux un bord d'attaque
25 202 et un bord de fuite 204 sont dotées de couteaux usinés 208, de la
manière décrite ci-dessus.

Une corde 210 peut être tracée entre les points
radiaux extérieurs du bord d'attaque 202 et du bord de fuite 204. Le point
central de la corde 210 peut être repéré 212. Une ligne 216 dessinée
30 perpendiculairement à la corde 210 jusqu'au point 212 situé dans le plan

défini par la face de coupe du pilote et à l'opposé de l'élargisseur décrira un point 217 à la périphérie extérieure de la corde du tronçon de pilote. Ce point 217 décrit l'emplacement idéal et préférentiel pour le placement d'une ailette de coupe 220 sur le trépan pilote 222. En accord avec l'objectif de cette réalisation, il s'est avéré que des performances acceptables de la tête à deux centres pouvaient être atteintes si le trépan pilote comprend un refoulement muni de couteaux usinés et/ou d'un tampon de calibrage dans les dix degrés entourant la circonférence de la tête mesurés de l'axe central de rotation de la tête de part et d'autre du point 217.

Dans une autre réalisation, il s'est avéré que les performances de la tête à deux centres pouvaient encore être améliorées si le trépan pilote était muni d'une seconde ailette de coupe diamétralement à l'opposé de la première ailette de coupe qui est elle-même située à l'opposé de l'élargisseur. Cette réalisation peut être vue par référence à la figure 19, sur laquelle on a illustré une tête à deux centres comprenant un élargisseur 240 muni d'une pluralité d'ailettes de coupe 242 portant des éléments coupants 244, où l'élargisseur 240 définit un bord d'attaque 243 et un bord de fuite 245. Une corde 250 peut être tracée entre les points radiaux extrêmes du bord d'attaque 243 et du bord de fuite 245. La corde 250 présente un point central 242.

Une ligne 251 dessinée perpendiculairement à la corde 250 dans un plan parallèle au plan décrit par la face de la tête définit un point le long de deux points de la périphérie du trépan pilote 262, repérés 254 et 256. Il s'est avéré que le placement d'une ailette de coupe 260 sur le trépan pilote 262 dans les dix degrés (mesurés sur l'axe de la tête) des deux points 254 et 256 améliorera encore les performances de la tête en atténuant sa tendance à forer un trou sous-dimensionné.

5 Ainsi, la tête telle que conçue selon la présente invention est idéale à des fins de forage directionnel. La tête à deux centres de l'invention a également tendance à s'user plus lentement qu'une tête de forage standard. De même, vu le niveau de stabilité plus élevé, d'autres composants de forage associés auront tendance à durer plus longtemps en permettant des économies de coûts globales grâce à l'emploi de la tête de forage stabilisée.

10 L'exposé et la description de l'invention qui précèdent illustrent et expliquent cette dernière, et l'homme de métier se rendra compte que divers modifications de dimensions, de forme et de matières ainsi que dans les détails de la construction illustrée ou de combinaisons de caractéristiques des divers éléments de la tête ou de carottage pourront être apportées sans s'écarter du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Tête à deux centres présentant une stabilité rehaussée comprenant un corps définissant une extrémité proximale adaptée en vue de son raccordement à un train de forage, une extrémité distale et un axe longitudinal, ladite extrémité distale comprenant un trépan pilote et un tronçon d'élargisseur intermédiaire, le trépan pilote et le tronçon d'élargisseur comprenant chacun au moins un refoulement comportant des surfaces de coupe, ledit tronçon d'élargisseur définissant une surface de coupe antérieure sur le ou le premier refoulement du tronçon d'élargisseur, et une surface postérieure sur le ou le dernier refoulement du tronçon d'élargisseur, une pluralité d'ensembles de coupe étant disposée autour des surfaces de coupe du trépan pilote et du tronçon d'élargisseur, le refoulement ou les refoulements dudit tronçon d'élargisseur décrivant une section en forme d'arc dont les limites sont définies par l'axe, la surface de coupe antérieure et la surface postérieure, ladite section définissant un arc présentant un point central et au moins une première surface de coupe du pilote étant disposée entre 170 et 190 degrés à partir dudit point central autour dudit axe, ladite tête à deux centres comprenant, en outre, des limiteurs de pénétration.
2. Tête à deux centres selon la revendication 1, sur laquelle des ensembles de coupe usinés sont positionnés autour de la surface antérieure de l'élargisseur le long de la ligne définie par la force résultante du trépan pilote et du tronçon d'élargisseur pour minimiser encore davantage le déséquilibre des efforts.
3. Tête à deux centres selon la revendication 2, sur laquelle les ensembles de coupe sont disposés angulairement autour des surfaces de coupe du pilote et du tronçon d'élargisseur pour réduire à un minimum la résultante de la somme vectorielle des forces perpendiculaires à la tête F_{n2} , des forces verticales agissant sur la tête F_v , et le couple de la tête F_x .

4. Tête à deux centres selon la revendication 1, sur laquelle les ensembles de coupe sont disposés radialement autour dudit tronçon d'élargisseur et dudit trépan pilote, en accord avec une projection d'analyse de l'usure de l'outil.

5 5. Tête à deux centres selon l'une quelconque des revendications précédentes, sur laquelle chacun des ensembles de coupe comprend une portion PDC et une portion corps.

10 6. Tête à deux centres selon la revendication 5, sur laquelle les couteaux consistent en des éléments compacts de diamant polycristallin braisés sur un support de carbure de tungstène.

7. Tête à deux centres selon l'une quelconque des revendications précédentes, sur laquelle les limiteurs de pénétration sont positionnés sur le pourtour du trépan pilote, sur des surfaces de coupe, et sont disposés entre 170 et 190 degrés partant du point central autour de l'axe.

15 8. Tête à deux centres selon l'une quelconque des revendications précédentes, sur laquelle les limiteurs de pénétration comprennent chacun un élément de tungstène en forme de balle de fusil renversée..

20 9. Tête à deux centres selon l'une quelconque des revendications précédentes, sur laquelle des limiteurs de pénétration comprennent, chacun, un couteau aiguisé.

10. Tête à deux centres selon la revendication 9, sur laquelle le couteau aiguisé comprend un corps de carbure de tungstène en forme de balle de fusil, d'une manière générale, qui est fixé sur un élément de coupe PDC.

25 11. Tête à deux centres selon l'une ou l'autre des revendications 9 et 10, sur laquelle les couteaux aiguisés sont montés sur une surface de coupe sous un angle d'inclinaison arrière choisi B.

12. Tête à deux centres selon l'une ou l'autre des revendications 10 et 11, ladite portion PDC comprenant un bord tronconique ou biseauté

définissant un angle d'inclinaison arrière A, ledit angle A étant plus grand que l'angle d'inclinaison arrière B.

5 13. Tête à deux centres selon l'une quelconque des revendications précédentes, sur laquelle une deuxième surface de coupe du pilote est prévue, laquelle se situe, en substance, vers le bas, à l'opposé de la première surface de coupe du pilote.

10 14. Procédé permettant de rehausser la stabilité d'un ensemble à tête de forage lors d'un forage d'un percement au travers d'une formation géologique, ladite tête comprenant un corps présentant une extrémité proximale s'emboîtant, fonctionnellement, dans le train de forage, et une extrémité distale définissant un trépan pilote présentant un axe, et où une face dudit corps, entre les extrémités proximale et distale, définit une section d'élargisseur, lesdites sections de pilote et d'élargisseur définissant, l'un
15 comme l'autre, une série de surfaces de coupe, le procédé susdit comprenant les opérations consistant à monter radialement une pluralité d'ensembles de coupe autour des surfaces de coupe du trépan pilote et de la section d'élargisseur, les surfaces de coupe de ladite section d'élargisseur définissant une surface antérieure et une surface postérieure, et à positionner
20 une première surface de coupe dudit trépan pilote à l'opposé dudit élargisseur dans dix degrés d'une ligne tracée du point central à une ligne reliant les points radialement les plus à l'extérieur desdites surfaces antérieure et postérieure et coupant ledit axe, ou tracée perpendiculairement à cette ligne pour s'écarter de l'élargisseur, des limiteurs de pénétration étant prévus et positionnés sur le pourtour du trépan pilote et sur des surfaces de
25 coupe, ces limiteurs de pénétration étant disposés entre 170 et 190 degrés partant du point central autour de l'axe.

15. Procédé selon la revendication 14, comprenant en outre l'opération consistant à placer des couteaux usinés le long de la surface de coupe antérieure de l'élargisseur.

16. Procédé selon la revendication 15, suivant lequel les couteaux usinés comprennent des éléments compacts de diamant polycristallin.

5 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, suivant lequel l'élargisseur comprend un refoulement antérieur et des refoulements ultérieurs sur lesquels sont montés les ensembles de coupe, et suivant lequel les ensembles de coupe disposés sur le refoulement antérieur susdit sont dotés d'un angle d'attaque réduit vis-à-vis de la formation géologique par comparaison à d'autres ensembles de coupe de la même tête.

10 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, suivant lequel des ensembles de couteaux usinés sont disposés le long de refoulements disposés le long ou à proximité de la ligne de forces résultantes de l'outil.

15 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, comprenant en outre l'opération consistant à positionner le tronçon d'élargisseur par rapport au pilote de façon à réduire à un minimum le déséquilibre de l'effort de coupe entre le pilote et le tronçon d'élargisseur.

20 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, comprenant en outre l'opération consistant à prévoir une surface de coupe sur le pilote à l'intérieur de 170-190 degrés, mesurés sur l'axe de la tête, de ladite première surface de coupe..

21. Tête à deux centres essentiellement telle que décrite ici par référence et montrée aux figures 12 à 17 des dessins annexés.

25 22. Tête à deux centres essentiellement telle que décrite ici par référence et montrée à la figure 18 des dessins annexés.

23. Tête à deux centres essentiellement telle que décrite ici par référence et montrée à la figure 19 des dessins annexés.

24. Procédé améliorant la stabilité d'un ensemble à tête de forage essentiellement tel que décrit ici par référence aux dessins annexés.

25. Toute nouvelle caractéristique ou combinaison de caractéristiques révélées dans le présent brevet.

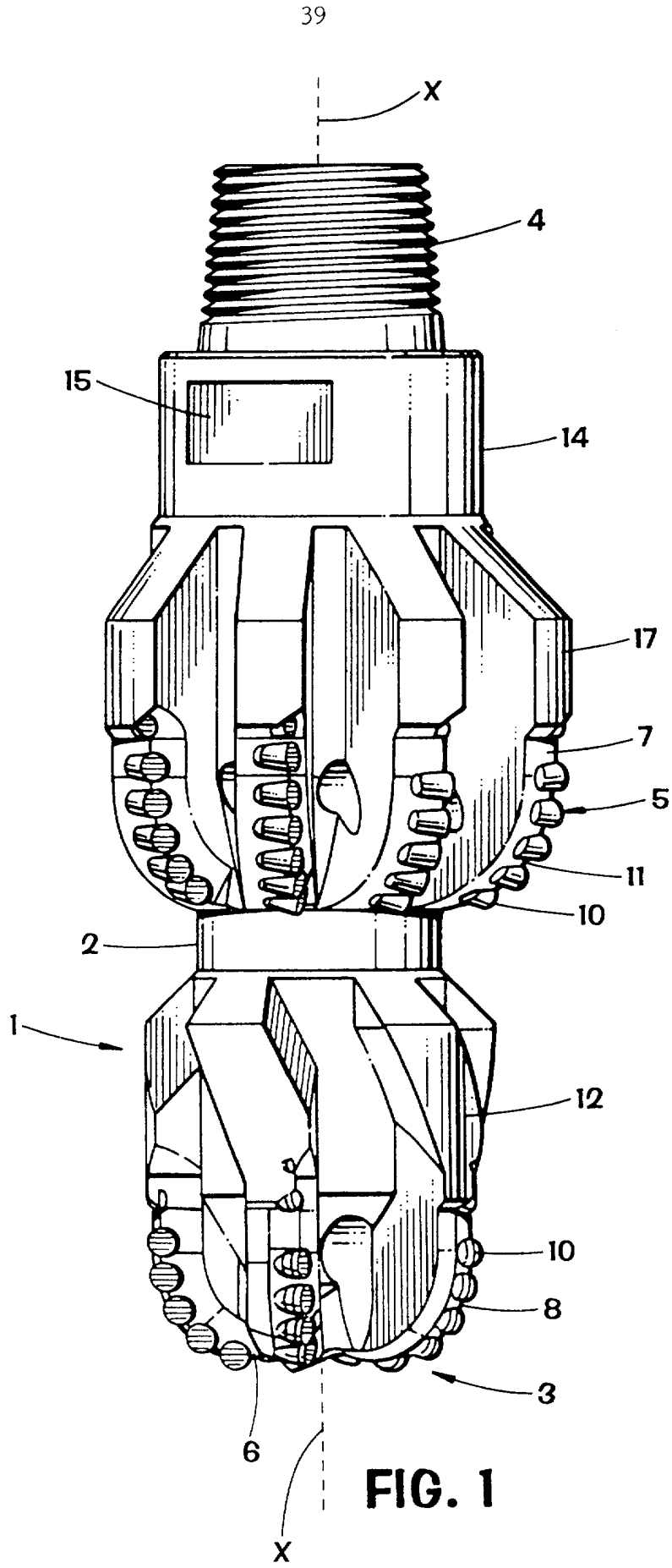
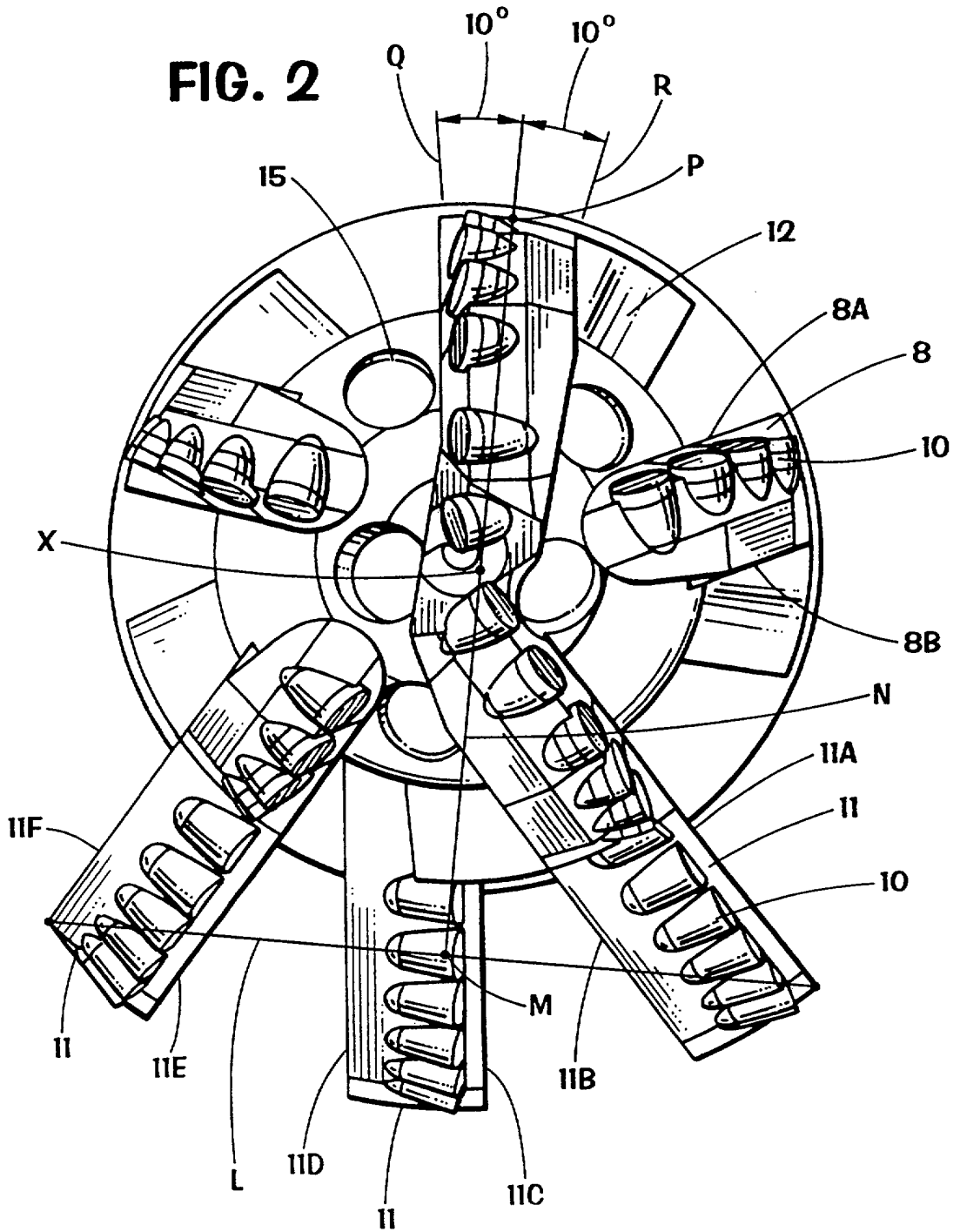


FIG. 1

FIG. 2



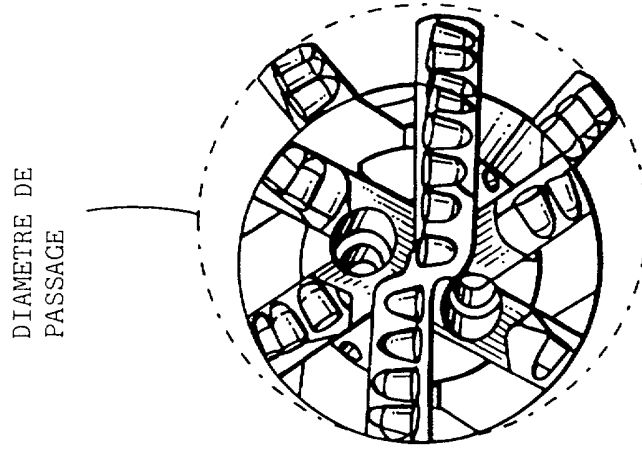


FIG. 3A

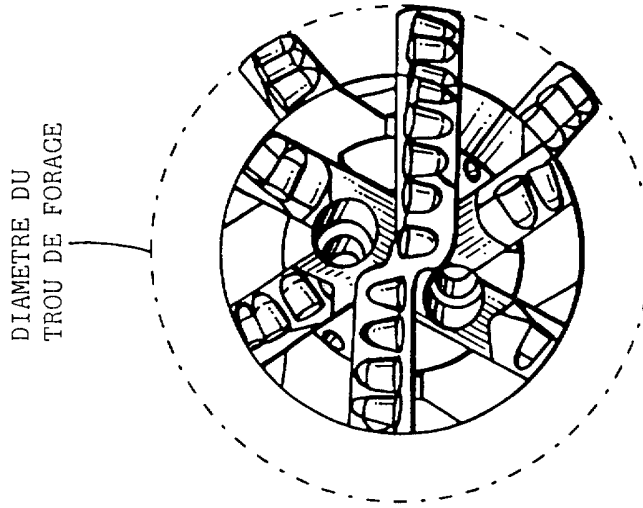


FIG. 3B

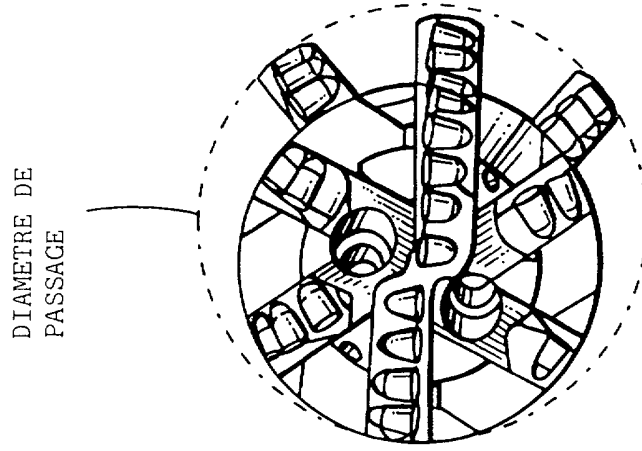


FIG. 3C

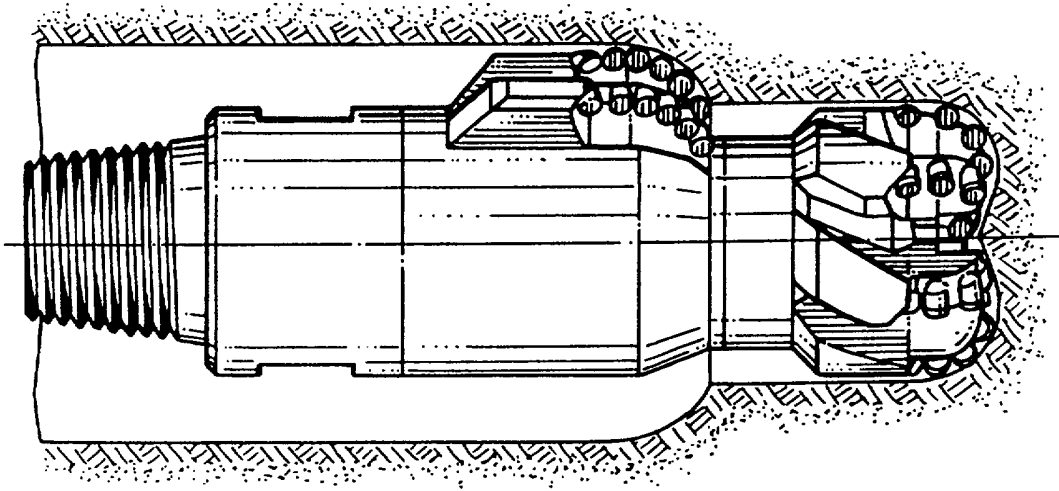


FIG. 4B

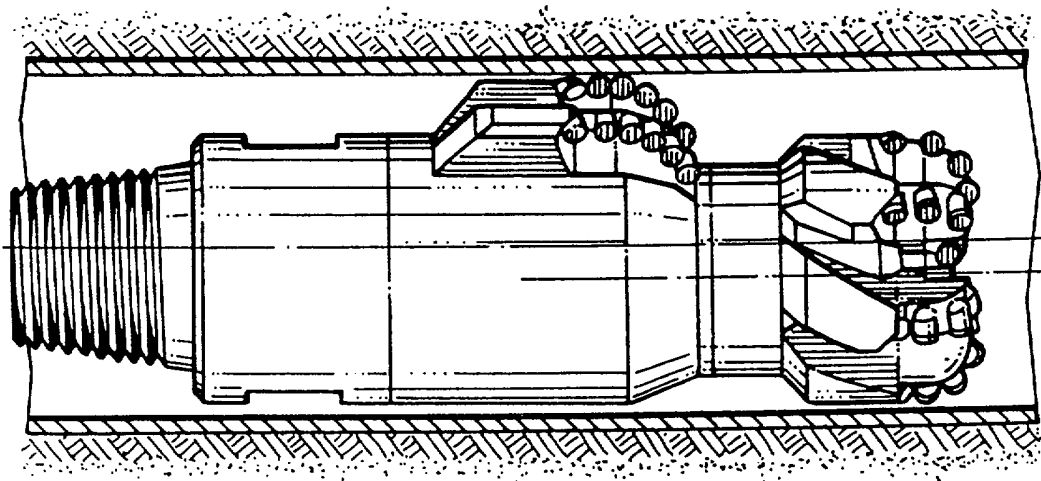


FIG. 4A

FIG. 5

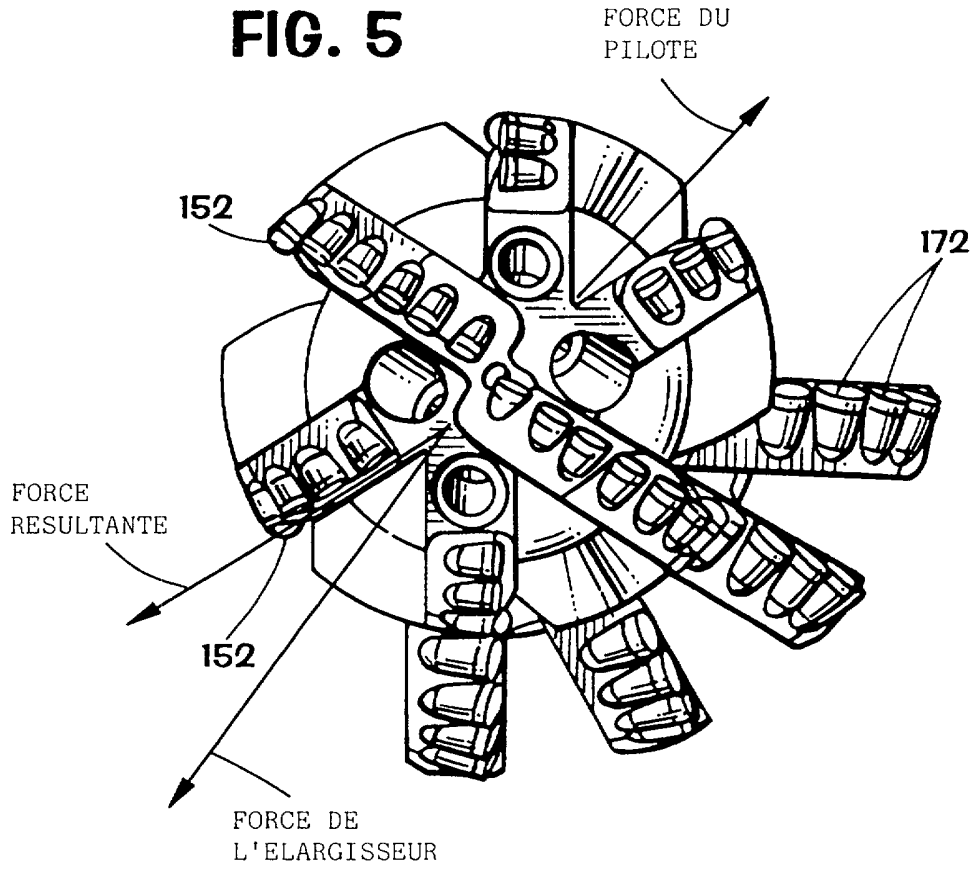
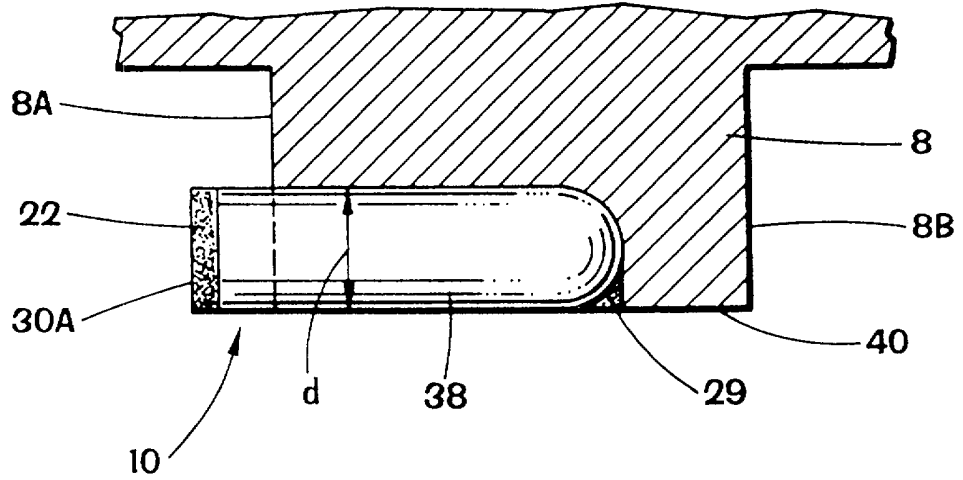


FIG. 6



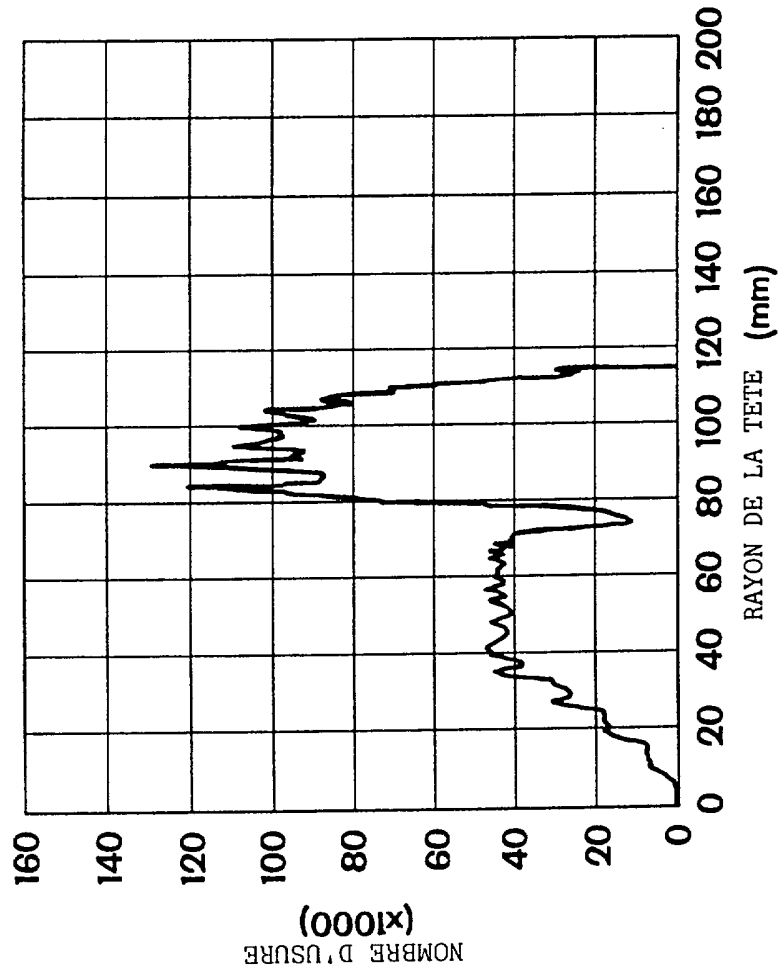
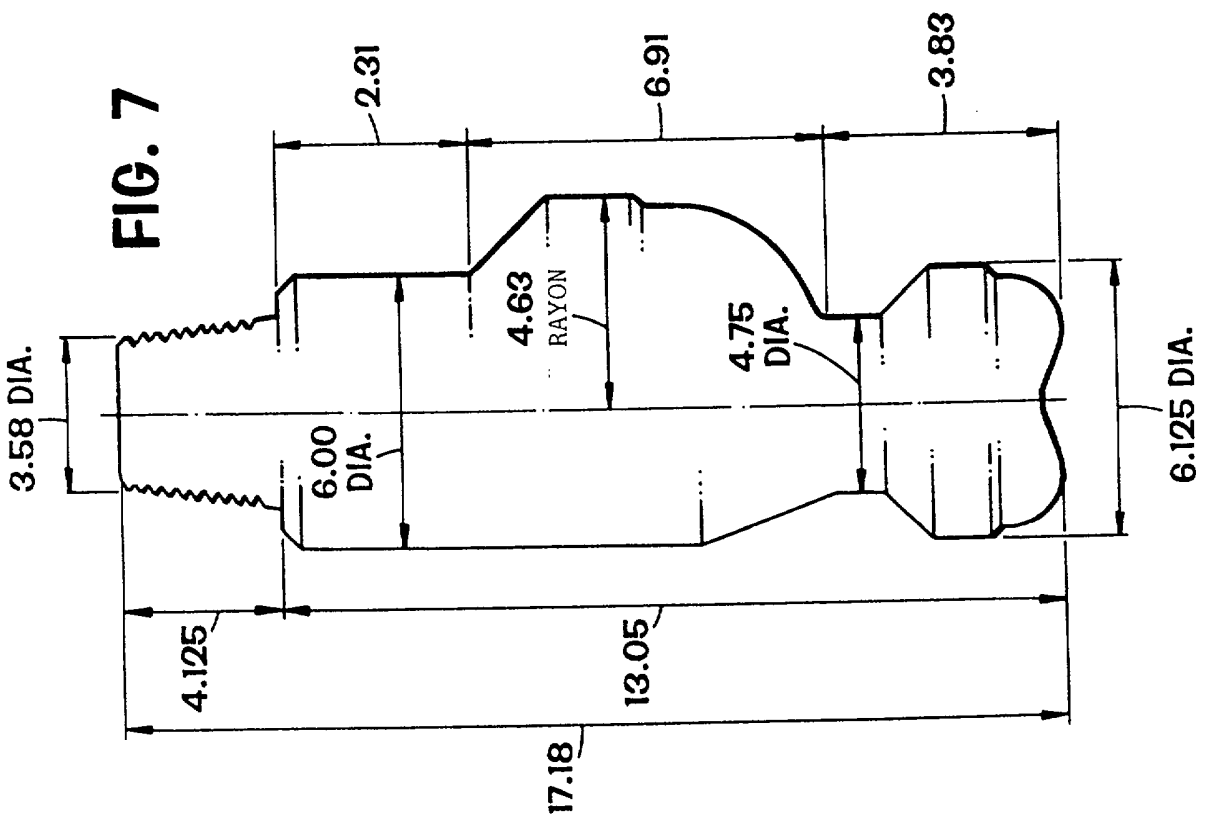


FIG. 8

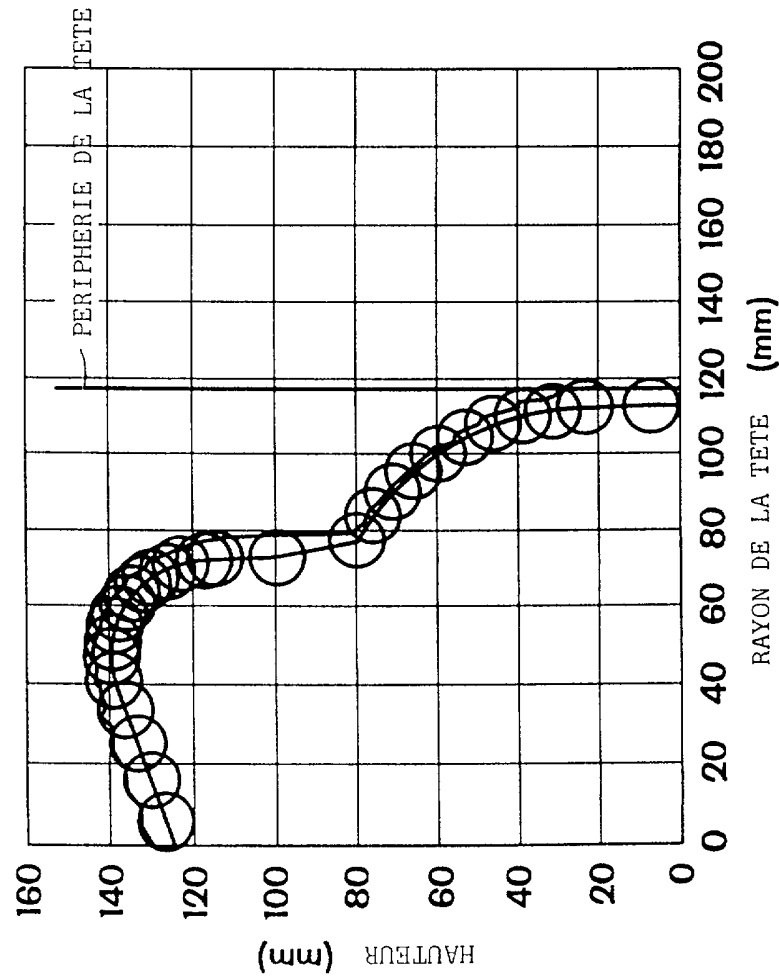
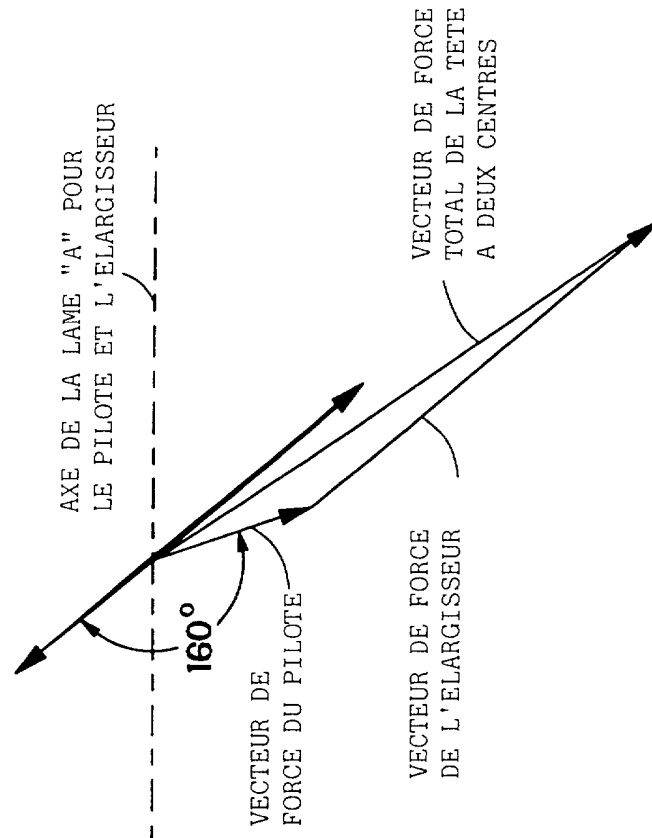


FIG. 9

FIG. 10

LEGENDE :

- ALIGNEMENT #1
- ALIGNEMENT #2



N° COUPE	RAYON DU COUPEAU (IN.)	INCLINAISON ARRIERE (DEG.)	INCLINAISON LATERALE (DEG.)	ANGLE DE PROFIL (DEG.)	POS. LONG. (IN.)	POS. ANG. (DEG.)	GALETTE PDC (IN.)	INDICATEUR D'ORIENTATION
1	0.2449	15.000	0.000	-20.00	0.0709	0.00	0.2646	1
2	0.6520	15.000	0.000	-20.00	0.2189	180.00	0.2646	1
3	1.0150	15.000	0.000	-20.00	0.3512	0.00	0.2646	1
4	1.3331	15.000	0.000	-20.00	0.4661	180.00	0.2646	1
5	1.6220	15.000	0.000	-14.00	0.5661	0.00	0.2646	1
6	1.8480	15.000	0.000	-1.00	0.5941	305.00	0.2646	1
7	2.0020	15.000	0.000	8.00	0.5839	65.00	0.2646	1
8	2.1480	15.000	0.000	17.00	0.5520	180.00	0.2646	1
9	2.2740	15.000	0.000	24.00	0.5039	0.00	0.2646	1
10	2.3909	15.000	0.000	32.00	0.4409	125.00	0.2646	1
11	2.4811	15.000	0.000	38.00	0.3780	305.00	0.2646	1
12	2.5882	15.000	0.000	47.00	0.2791	65.00	0.2646	1
13	2.6598	15.000	0.000	53.00	0.1941	245.00	0.2646	1
14	2.7429	15.000	0.000	62.00	0.0630	180.00	0.2646	1
15	2.8051	15.000	0.000	71.00	-0.0799	0.00	0.2646	1
16	2.8520	15.000	0.000	83.00	-0.2831	125.00	0.2646	1
17	2.8591	15.000	0.000	90.00	-0.4059	305.00	0.2646	1
18	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	245.00	0.2646	1
19	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	180.00	0.2646	1
20	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	0.00	0.2646	1
21	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	125.00	0.2646	1
22	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	305.00	0.2646	1

FIG. 11

N° COUPE	RAYON DU COUTEAU (IN.)	INCLINAISON ARRIERE (DEG.)	INCLINAISON LATERALE (DEG.)	ANGLE DE PROFIL (DEG.)	POS. LONG. (IN.)	POS. ANG. (DEG.)	GALETTE PDC (IN.)	INDICATEUR D'ORIENTATION
1	0.2449	15.000	0.000	-20.00	0.0709	205.00	0.2646	1
2	0.6520	15.000	0.000	-20.00	0.2189	25.00	0.2646	1
3	1.0150	15.000	0.000	-20.00	0.3512	205.00	0.2646	1
4	1.3331	15.000	0.000	-20.00	0.4661	25.00	0.2646	1
5	1.6220	15.000	0.000	-14.00	0.5661	205.00	0.2646	1
6	1.8480	15.000	0.000	-1.00	0.5941	155.00	0.2646	1
7	2.0020	15.000	0.000	8.00	0.5839	270.00	0.2646	1
8	2.1480	15.000	0.000	17.00	0.5520	25.00	0.2646	1
9	2.2740	15.000	0.000	24.00	0.5039	205.00	0.2646	1
10	2.3909	15.000	0.000	32.00	0.4409	330.00	0.2646	1
11	2.4811	15.000	0.000	38.00	0.3780	155.00	0.2646	1
12	2.5882	15.000	0.000	47.00	0.2791	270.00	0.2646	1
13	2.6598	15.000	0.000	53.00	0.1941	245.00	0.2646	1
14	2.7429	15.000	0.000	62.00	0.0630	25.00	0.2646	1
15	2.8051	15.000	0.000	71.00	-0.0799	205.00	0.2646	1
16	2.8520	15.000	0.000	83.00	-0.2831	330.00	0.2646	1
17	2.8591	15.000	0.000	90.00	-0.4059	155.00	0.2646	1
18	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	245.00	0.2646	1
19	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	25.00	0.2646	1
20	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	205.00	0.2646	1
21	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	330.00	0.2646	1
22	2.8850	30.000	0.000	90.00	-0.9969	155.00	0.2646	1
23	3.0563	15.000	0.000	27.00	-1.7720	30.00	0.2646	1

FIG. 12A

N° COUPE	RAYON DU COUPEAU (IN.)	INCLINAISON ARRIERE (DEG.)	INCLINAISON LATERALE (DEG.)	ANGLE DE PROFIL (DEG.)	POS. LONG. (IN.)	POS. ANG. (DEG.)	GALETTE PDC (IN.)	INDICATEUR D'ORIENTATION
24	3.0563	15.000	0.000	27.00	-1.7720	90.00	0.2646	1
25	3.3193	15.000	0.000	34.00	-1.9272	0.00	0.2646	1
26	3.3193	15.000	0.000	34.00	-1.9272	60.00	0.2646	1
27	3.5626	15.000	0.000	41.00	-2.1130	30.00	0.2646	1
28	3.5626	15.000	0.000	41.00	-2.1130	90.00	0.2646	1
29	3.7795	15.000	0.000	48.00	-2.3272	0.00	0.2646	1
30	3.7795	15.000	0.000	48.00	-2.3272	60.00	0.2646	1
31	3.9693	15.000	0.000	55.00	-2.5661	30.00	0.2646	1
32	3.9693	15.000	0.000	55.00	-2.5661	90.00	0.2646	1
33	4.1295	15.000	0.000	62.00	-2.8260	0.00	0.2646	1
34	4.1295	15.000	0.000	62.00	-2.8260	60.00	0.2646	1
35	4.2555	15.000	0.000	69.00	-3.1039	30.00	0.2646	1
36	4.2555	15.000	0.000	69.00	-3.1039	90.00	0.2646	1
37	4.3472	15.000	0.000	76.00	-3.3949	0.00	0.2646	1
38	4.3472	15.000	0.000	76.00	-3.3949	60.00	0.2646	1
39	4.4035	15.000	0.000	83.00	-3.6949	30.00	0.2646	1
40	4.4035	15.000	0.000	83.00	-3.6949	90.00	0.2646	1
41	4.4224	15.000	0.000	90.00	-4.0000	0.00	0.2646	1
42	4.4224	15.000	0.000	90.00	-4.0000	60.00	0.2646	1
43	4.4480	30.000	0.000	90.00	-4.6484	30.00	0.2646	1
44	4.4480	30.000	0.000	90.00	-4.6484	90.00	0.2646	1
45	4.4480	30.000	0.000	90.00	-4.6484	0.00	0.2646	1
46	4.4480	30.000	0.000	90.00	-4.6484	60.00	0.2646	1

FIG. 12B

FIG. 13

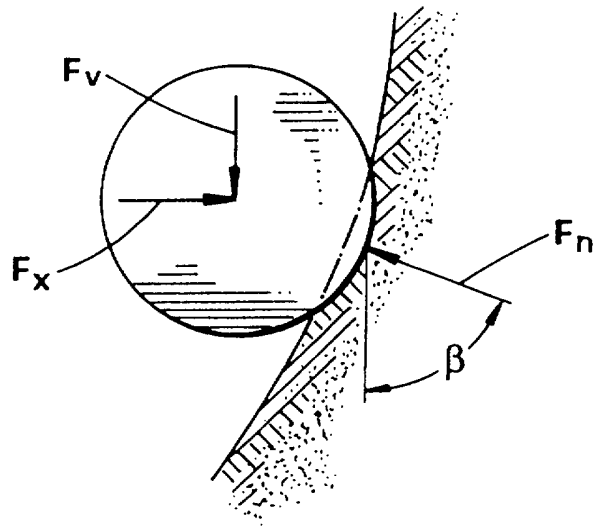


FIG. 14

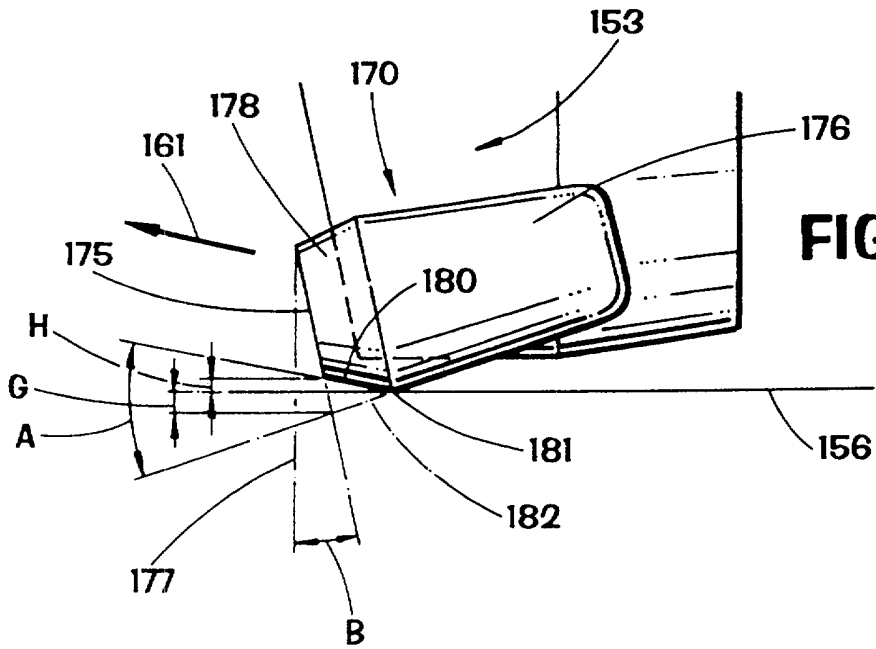


FIG. 15

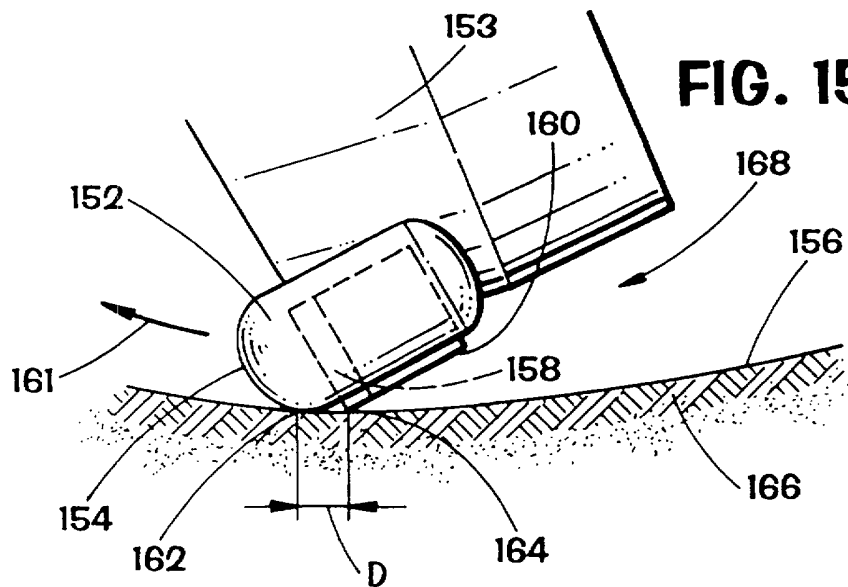


FIG. 16

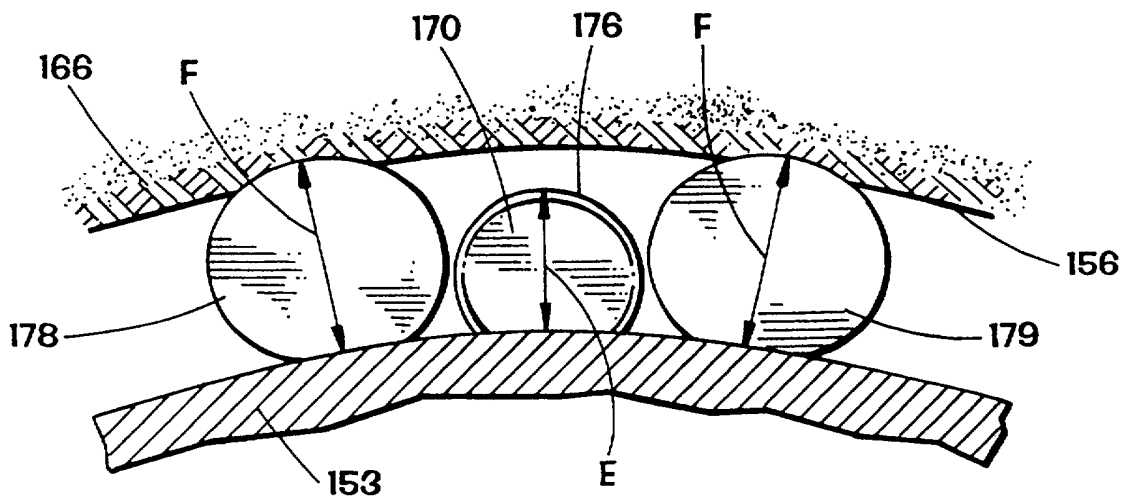
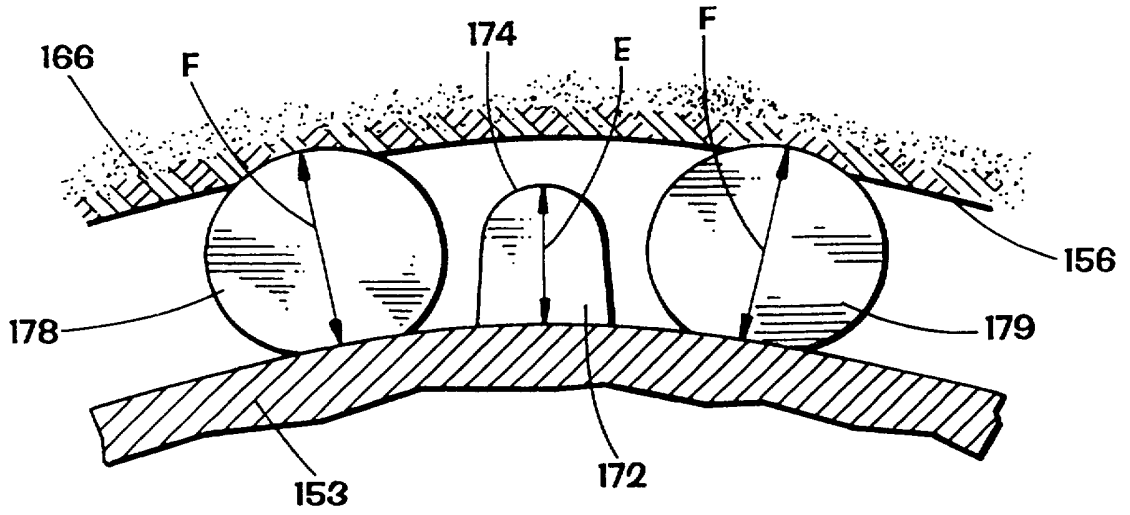


FIG. 17

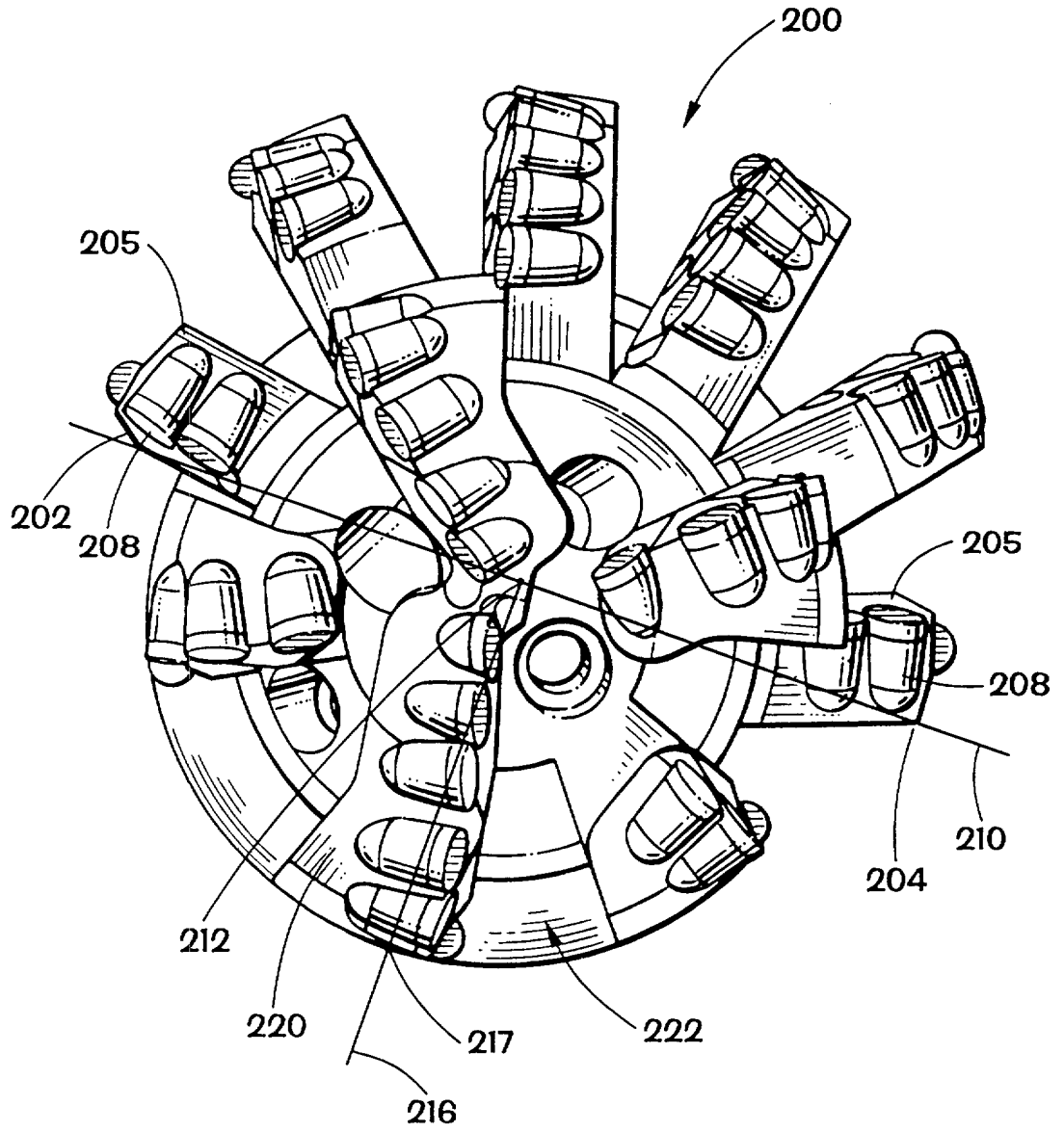


FIG. 18

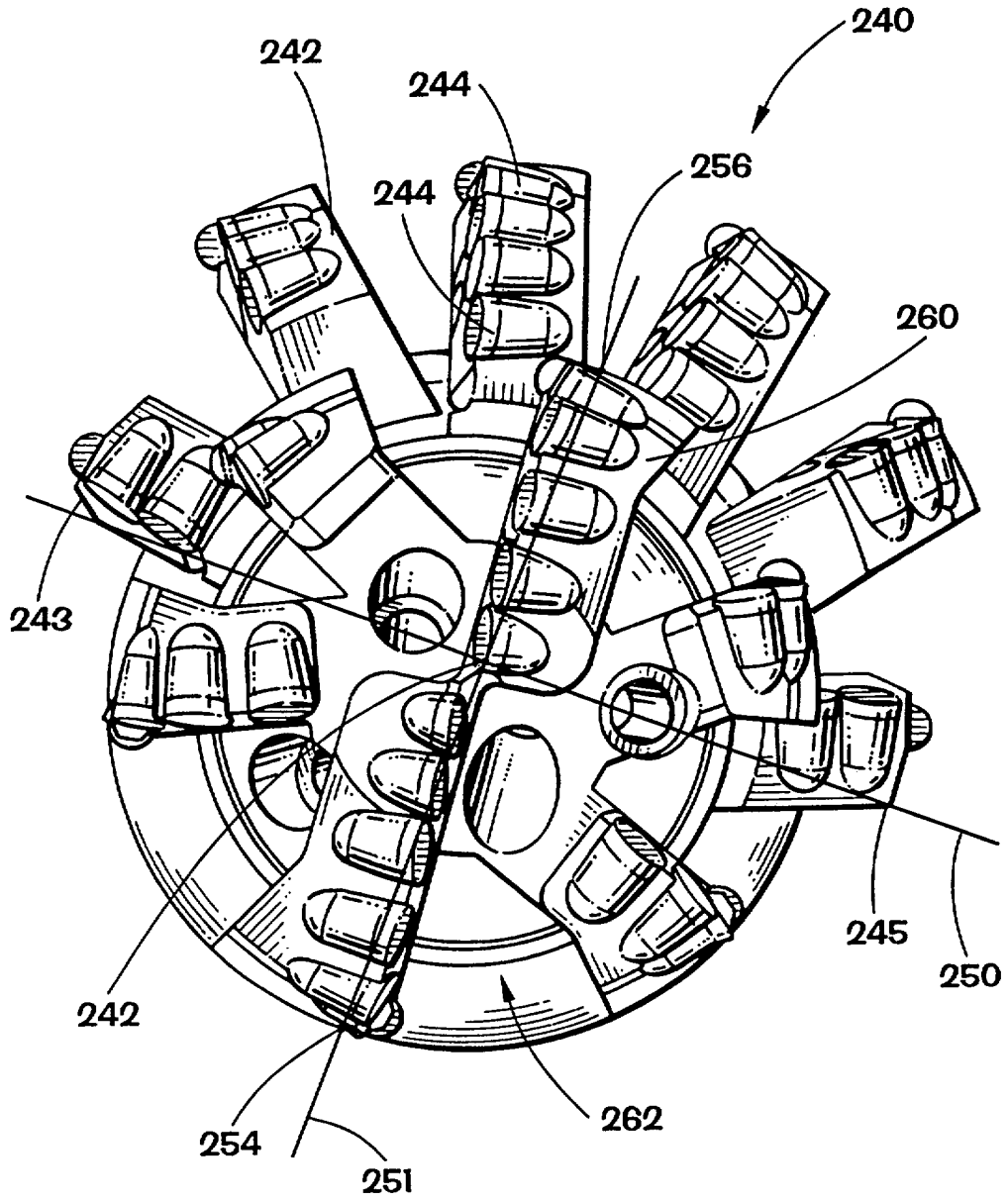


FIG. 19



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
P,A	WO 98 15710 A (BAKER HUGHES INC) 16 avril 1998 (1998-04-16) * figures 6,7 *	1,15	
E	US 5 957 223 A (OLDHAM JACK T ET AL) 28 septembre 1999 (1999-09-28) * figures 3,4 *	1,15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 août 2000		van Berlo, A	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C48)

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

B0 7216
BE 9800753

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche 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.

22-08-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0058061 A	18-08-1982	JP 57151792 A	18-09-1982
		NO 820347 A	09-08-1982
WO 9815710 A	16-04-1998	US 5765653 A	16-06-1998
		AU 4897297 A	05-05-1998
		EP 0865561 A	23-09-1998
US 5957223 A	28-09-1999	AUCUN	



- * Angle indicators Beta, B and 13 near Fig 13& 14 are mixed up (p 21, li 28).
- * The equation section in section C, p24 'La tete a deux centre preferentielle' is unclear; for example in Fig 13 where normal force and vertical force are combined with a torque in a vector diagram. Similarly the example and the definition of % imbalance are unclear. This comes back in claim 3.
- * Numbering of figures not in the sequence as occurring in the text.
- * Definition of force imbalance percentage unclear.
- * Focus during search mainly on calim 1, 15 and cutters; Many of the other (in)dependent claims are unclear.



REQUEST FOR FEEDBACK

Examiner van Berlo, A
1266-03684
Date 22 août 2000

EPO Form P0410M

RECEIVED TIME 25.OCT. 11:05

PRINT TIME 25.OCT. 11:05