

ROYAUME DE BELGIQUE

BREVET D'INVENTION



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1013652A3

NUMERO DE DEPOT : 2000/0528

Classif. Internat. : E21B.

Date de délivrance le : 07 Mai 2002

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 23 Août 2000 à 15H00 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : BAKER HUGHES INCORPORATED
3900 Essex lane, Suite 1200 HOUSTON, TEXAS 77027(ETATS-UNIS D'AMERIQUE)

représenté(e)s par : VAN MALDEREN Michel, OFFICE VAN MALDEREN, Place Reine
Fabiola 6/1 - B 1083 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : TREPANS DE FORAGE A CONTROLE DE LA CHARGE APPLIQUEE AU DISPOSITIF DE COUPE ET DE LA PROFONDEUR DE COUPE.

INVENTEUR(S) : Tibbitts Gordon A., 1378 Lakewood circle, Salt Lake City, Utah 84117 (US); Hansen Wayne R., 2113 N. Rolling Hills drive, Centerville, Utah 84403 (US); Cooley Craig H., 863 Windemere lane, South Ogden, Utah 84403 (US); Sinor L. Allen, 5318 Walnut Hills drive, Kingwood, Texas 77345 (US); Dykstra Mark W., 3623 Oak Lake drive, Kingwood, Texas 77339-5511 (US)


PRIORITE(S) 26.08.99 US USA 9383228

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).

Pour expédition certifiée conforme

Bruxelles, le 07 Mai 2002
PAR DELEGATION SPECIALE :


L. WUYTS
CONSEILLER


L. WUYTS
CONSEILLER

TRÉPANS DE FORAGE À CONTRÔLE DE LA CHARGE APPLIQUÉE AU DISPOSITIF DE COUPE ET DE LA PROFONDEUR DE COUPE.

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne des trépan rotatifs à lames et leur fonctionnement et plus spécifiquement la conception de tels trépan pour assurer des performances optimales par un contrôle de la charge appliquée au dispositif de coupe et de la profondeur de coupe.

TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 Les trépan rotatifs à lames utilisant des dispositifs de coupe à diamant polycristallin compact (PDC) ont déjà été utilisés depuis plusieurs décades. Les dispositifs de coupe PDC sont typiquement composés d'une "table" diamantée en forme de disque, formée sur un substrat de support, composé par exemple de carbure de tungstène cimenté (WC), quoi que d'autres configurations soient aussi connues, et reliée à
15 celui-ci dans des conditions à pression et à température élevées. Les trépan comportant des dispositifs de coupe PDC, pouvant être fixés par brasage dans des poches dans la face du trépan ou des lames s'étendant à partir de la face ou montées sur des tiges insérées dans le corps du trépan, se sont avérés très efficaces pour atteindre des taux de pénétration élevés (ROP) lors du forage de formations souterraines présentant des résistances réduites
20 à moyennes. Des améliorations récentes de la conception hydraulique des trépan, de la conception des dispositifs de coupe et de la composition du fluide de forage ont réduit les tendances notables, constatées auparavant, de ces trépan à une "agglutination", par accroissement du volume du matériau de la formation pouvant être coupé avant de dépasser la capacité du trépan et de son fluide de forage associé à dégager les déblais de
25 la formation de la face du trépan.

Même compte tenu de ces améliorations, les dispositifs de coupe PDC présentent toutefois toujours l'inconvénient d'une "surcharge", même en cas d'application d'un poids réduit au trépan (WOB), du train de tiges sur lequel est monté le trépan comportant de tels dispositifs de coupe, tout particulièrement en cas d'utilisation de structures de coupe
30 agressives. La relation entre le couple et le WOB peut servir d'indicateur de l'agressivité des dispositifs de coupe, de sorte que plus le rapport entre le couple et le WOB est élevé, plus le dispositif de coupe est agressif. Ce problème est particulièrement important dans des formations présentant une résistance réduite à la compression, dans lesquelles une profondeur de coupe (DOC - « Depth Of Cut ») exagérée peut être atteinte en présence
35 d'un WOB extrêmement réduit. Le problème peut aussi être aggravé par un rebondissement du train de tiges, l'élasticité du train de tiges pouvant entraîner une application erronée d'un WOB au trépan de forage, avec une surcharge conséquente. En présence d'une profondeur de coupe excessivement élevée, les dispositifs de coupe PDC risquent en outre de produire une quantité de déblais de la formation supérieure à celle

pouvant être dégagée de façon uniforme de la face du trépan et à travers la fente à rebuts, même par l'intermédiaire de la conception hydraulique améliorée ci-dessus des trépan selon la technique, entraînant le phénomène d'une agglutination du trépan, comme décrit ci-dessus.

5 Un autre problème séparé concerne le forage à partir d'une zone ou d'une couche présentant une résistance à la compression plus élevée vers une zone plus "molle" à résistance réduite. Lors du forage du trépan dans la formation plus molle, sans changement du WOB appliqué (ou avant que le WOB puisse être changé par le conducteur du forage dirigé), la pénétration des dispositifs de coupe PDC et par suite le
10 couple résultant appliqué au trépan, sont accrus de façon pratiquement instantanée et d'une valeur notable. Le couple à accroissement subit peut à son tour endommager les dispositifs de coupe. Lors du forage directionnel, un tel changement entraîne une fluctuation de l'orientation de la face de l'outil de l'assemblage directionnel (mesure de fond en cours de forage ou MWD, ou un outil de direction), le conducteur du forage
15 dirigé ayant ainsi plus de difficultés à suivre la trajectoire directionnelle prévue du trépan et exigeant un dégagement du fond du trou de forage pour réajuster la face de coupe. Un moteur de fond, comme le moteur Moineau entraîné par le fluide de forage, normalement utilisé dans les opérations de forage directionnel, en combinaison avec un assemblage de fond dirigeable, peut en outre caler complètement en cas d'un accroissement subit du
20 couple, arrêtant l'opération de forage et exigeant de nouveau un dégagement du fond du trou de forage pour rétablir l'écoulement du fluide de forage et la puissance du moteur.

De nombreux essais appliquant différentes approches ont été faits au cours des années pour protéger l'intégrité des dispositifs de coupe à diamant et leurs structures de montage et pour limiter la pénétration du dispositif de coupe dans une formation en cours
25 de forage. A une période antérieure à l'utilisation commerciale des dispositifs de coupe PDC, le brevet US 3709308 a par exemple décrit l'utilisation de diamants naturels ronds agencés à l'arrière sur le corps du trépan pour limiter la pénétration de diamants cubiques utilisés pour couper une formation. Le brevet US 4351401 décrit l'utilisation de diamants naturels agencés sur la surface au niveau de la zone de front de taille de trépan ou au
30 voisinage de celle-ci pour faire fonction d'éléments de limitation de la pénétration en vue d'assurer la commande de la profondeur de coupe des dispositifs de coupe PDC sur la face du trépan. D'autres brevets décrivent l'utilisation de différentes structures avec des dispositifs de coupe PDC agencés immédiatement à l'arrière (par rapport à la direction de la rotation du trépan) pour protéger les dispositifs de coupe ou leurs structures de
35 montage: les brevets US 4889017, 4991670, 5244039 et 5303785. Le brevet US 5314033 décrit entre autres l'utilisation de dispositifs de coupe à inclinaison arrière de coopération positifs et négatifs ou neutres pour limiter la pénétration des dispositifs de coupe à inclinaison positive dans la formation. Une autre approche pour limiter la pénétration du dispositif de coupe consiste à utiliser des structures ou des éléments sur le corps de trépan

précédant en rotation les dispositifs de coupe PCD (plutôt que d'être agencés à l'arrière), comme décrit dans les brevets US 3153458, 4554986, 5199511 et 5595252.

Dabs un autre contexte, celui des structures de forage dites "anti-tourbillonnement", il a été indiqué dans le brevet US 5402856 attribué à l'un des présents
5 inventeurs, qu'une surface de support alignée avec une force radiale résultante produite par un élargisseur anti-tourbillonnement devrait être dimensionnée de sorte que la force par unité de surface appliquée à la paroi latérale du trou de forage ne dépasse pas la résistance à la compression de la formation en cours d'élargissement. L'attention est également attirée sur les brevets US 4982802, 5010789, 5042596, 5111892 et 5131478.

10 Certains des brevets ci-dessus reconnaissent certes l'utilité d'une limitation de la pénétration du dispositif de coupe ou de la DOC, ou d'une autre limitation de la force appliquée à une surface d'un trou de forage, mais les approches décrites sont quelque peu généralisées de par leur nature et ne fournissent pas une approche technique pour atteindre un ROP visé en combinaison avec des performances plus stables et prévisibles
15 du trépan.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

La présente invention répond à la demande ci-dessus en fournissant une conception de trépan bien étudiée, facilement réalisable, appropriée pour des trépan à lames comportant des dispositifs de coupe PDC, cette conception du trépan pouvant être
20 adaptée aux résistances à la compression spécifiques de la formation ou aux intervalles de résistance pour assurer un contrôle de la DOC en termes d'une DOC maximale et d'une limitation de la variabilité de la DOC. Le ROP (taux de pénétration) peut ainsi être assuré de façon continue et être optimisé, le contrôle du couple pouvant être assuré même en cas d'application d'un WOB (poids appliqué au trépan) élevé, l'application d'une charge
25 destructive aux dispositifs de coupe PDC pouvant dans une large mesure être empêchée.

La conception du trépan selon la présente invention utilise des éléments de contrôle de la profondeur de coupe (DOCC – « Depth Of Cut Control ») pouvant précéder en rotation au moins certains des dispositifs de coupe PDC sur la face du trépan sur laquelle le trépan peut se déplacer pendant que les dispositifs de coupe PDC du trépan
30 sont engagés dans la formation à leur DOC prévue, pouvant être définie comme correspondant à la distance sur laquelle les dispositifs de coupe PDC sont effectivement exposés au-dessous des éléments DOCC. En d'autres termes, la séparation des dispositifs de coupe est pratiquement déterminée par les éléments DOCC, ceci pouvant permettre une DOC relativement accrue (et donc un ROP pour une vitesse de rotation définie du trépan) par rapport à celle existant dans un trépan de conception conventionnelle, sans
35 entraîner les conséquences néfastes qui y sont liées. Les éléments DOCC excluent une DOC supérieure à celle prévue par une distribution de la charge attribuable au WOB sur une aire de surface suffisante sur la face du trépan, les lames ou une autre structure du corps du trépan contactant la face de la formation non coupée au niveau du fond du trou

de forage, de sorte que la résistance à la compression de la formation n'est pas dépassée par les éléments DOCC. Il en résulte que le trépan n'entraîne pas d'entaille ou d'éboulement notable des roches de la formation et ne permet pas une pénétration des dispositifs de coupe à une profondeur supérieure à celle prévue et un accroissement
5 conséquent de la charge et du couple appliqués aux dispositifs de coupe.

En d'autres termes, la présente invention limite le volume par unité du matériau de la formation (roche) enlevé, par rotation du trépan, pour empêcher une coupe excessive du matériau de la formation par le trépan et une agglutination du trépan ou un endommagement des dispositifs de coupe. Lors de l'utilisation du trépan dans une
10 opération de forage directionnel, la perte de la face de coupe ou un calage du moteur peuvent aussi être empêchés.

Dans une forme de réalisation, les éléments DOCC peuvent avoir la forme de segments arqués, chaque segment correspondant pratiquement à une partie d'une trajectoire circulaire traversée par un dispositif de coupe PDC associé qu'il précède à un
15 rayon pratiquement identique lors de la rotation du trépan, la face la plus externe ou la surface de support de chaque élément DOCC à segment arqué étant orientée (en cas d'orientation normale du trépan lors du forage) à un angle par rapport à la ligne médiane du trépan correspondant à la trajectoire hélicoïdale traversée par son dispositif de coupe associé agencé à l'arrière pour un ROP donné ou un intervalle prévu de taux de
20 pénétration (ROP) lors du forage de la formation par le trépan. L'angle du segment arqué peut en outre être varié en vue d'une adaptation à un intervalle de taux de pénétration (ROP) et un intervalle associé d'angles d'hélice. Comme expliqué plus en détail ci-dessous, cette approche de la conception compense des décalages de hauteur entre un
25 dispositif de coupe PDC et un élément DOCC associé, pouvant résulter d'erreurs relatives aux tolérances de fabrication au cours de la fabrication du trépan ou d'une usure relativement peu uniforme du dispositif de coupe PDC et de l'élément DOCC associé.

En fournissant des éléments DOCC comportant une aire de surface cumulative suffisante pour supporter un WOB donné sur une formation de roches donnée, sans entaille ou éboulement de celle-ci, le WOB peut être accru considérablement si nécessaire
30 par rapport à celui existant lors du forage avec des trépan conventionnels sans que les dispositifs de coupe PDC ne soient exposés à un quelconque WOB effectif additionnel après le plein engagement des éléments DOCC dans la formation. Les dispositifs de coupe PDC sont ainsi protégés contre un endommagement, et, ce qui est très important aussi, ils sont empêchés à s'engager dans la formation à une profondeur de coupe
35 supérieure, risquant d'entraîner un couple excessif et un calage d'un moteur ou la perte de l'orientation de la face de coupe.

La possibilité d'un accroissement notable du WOB sans affecter les dispositifs de coupe PDC permet aussi l'utilisation d'un WOB notablement supérieur aux valeurs applicables sans effets néfastes avec les trépan conventionnels pour maintenir le trépan
40 en contact avec la formation, réduire les vibrations et améliorer la consistance et la

profondeur de l'engagement du dispositif de coupe dans la formation. Les vibrations du train de tiges et les effets axiaux dynamiques, appelés normalement "rebondissement" du train de tiges en cas d'application d'un couple et d'un WOB peuvent en outre être amorties de sorte à maintenir la DOC prévue pour les dispositifs de coupe PDC. Dans le contexte
5 du forage directionnel, cette possibilité assure le maintien de la face de coupe et un fonctionnement sans calage d'un moteur de fond associé entraînant le trépan.

Les éléments DOCC selon la présente invention peuvent aussi être appliqués à des trépan de carottage et à des trépan de forage de gros calibre. Dans le cadre de la présente description, le terme "trépan" englobe les trépan de carottage. Une telle
10 utilisation peut, uniquement à titre d'exemple, être très avantageuse lors du carottage à partir d'un engin de forage flottant, où le WOB est difficile à contrôler par suite du pilonnement de l'engin entraîné par les vagues. Lors de l'utilisation de la présente invention, un WOB supérieur à celui normalement requis pour le carottage peut être appliqué au train de tiges pour maintenir le trépan de carottage au fond et maintenir
15 l'intégrité et l'orientation du carottage.

Les éléments DOCC selon la présente invention sont aussi particulièrement utiles pour contrôler et pour réduire plus spécifiquement le couple requis pour faire tourner les trépan à lames lors d'un accroissement du WOB. Le couple relatif peut certes être réduit en comparaison à celui requis par des trépan conventionnels pour un WOB donné par
20 l'intermédiaire des éléments DOCC à un quelconque rayon ou à un quelconque intervalle de rayons par rapport à la ligne médiane du trépan, mais une variation de l'emplacement des éléments DOCC par rapport à la ligne médiane du trépan peut constituer une technique utile pour limiter davantage le couple, étant donné que la charge axiale appliquée au trépan par le WOB appliqué est plus fortement prononcée vers la ligne
25 médiane, la composante de frottement du couple dépendant de l'application d'une telle charge axiale.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est une vue en élévation d'en bas regardant vers le haut sur la face d'une forme de réalisation d'un trépan de forage englobant des éléments DOCC selon
30 l'invention;

la figure 2 est une vue en élévation d'en bas regardant vers le haut sur la face d'une autre forme de réalisation d'un trépan de forage englobant des éléments DOCC selon l'invention;

la figure 2A est une vue en élévation latérale en coupe du profil du trépan de la
35 figure 2;

la figure 3 est un graphique représentant le couple prévu mathématiquement par rapport au WOB pour des trépan de conception conventionnelle utilisant des dispositifs de coupe avec différentes inclinaisons arrière en comparaison avec un trépan similaire selon la présente invention;

la figure 4 est une vue en élévation latérale schématique non à l'échelle, comparant l'agencement selon la technique antérieure d'un élément de limitation de la profondeur de coupe agencé juste derrière un dispositif de coupe, au même rayon, pris le long d'une trajectoire de rotation de 360°, avec l'agencement selon la présente invention, précédant le
5 dispositif de coupe et agencé au même rayon;

la figure 5 est une vue en élévation latérale schématique d'un élément DOCC à deux étages et d'un dispositif de coupe PDC associé agencé à l'arrière;

les figures 6A et 6B sont respectivement des vues schématiques des éléments DOCC à surface de support à un seul angle et à surface de support à angles multiples;

10 les figures 7 et 7A sont respectivement une vue en élévation latérale schématique en partie en coupe d'une forme de réalisation d'un élément DOCC pivotable et d'un dispositif de coupe PDC associé agencé à l'arrière, et une vue en élévation regardant vers l'avant sur l'élément DOCC pivotable à partir de l'emplacement du dispositif de coupe PDC associé;

15 les figures 8 et 8A sont respectivement une vue en élévation latérale schématique en partie en coupe d'une forme de réalisation d'un élément DOCC du type galet et d'un dispositif de coupe associé agencé à l'arrière et une vue transversale en partie en coupe du montage de l'élément DOCC du type galet sur le trépan;

les figures 9A à 9D sont des vues en élévation schématiques en partie en coupe
20 additionnelles d'autres éléments DOCC pivotables selon l'invention;

les figures 10A et 10B sont des vues en élévation latérale en partie en coupe de variations d'une combinaison d'un support de dispositif de coupe et d'un élément DOCC selon la présente invention;

la figure 11 est une vue en élévation frontale d'un élément DOCC annulaire du
25 type canal en combinaison avec des dispositifs de coupe PDC associés agencés à l'arrière;

les figures 12 et 12A sont respectivement une vue en élévation schématique latérale en partie en coupe d'un élément DOCC à palier de fluide du type patin selon la présente invention et d'un dispositif de coupe PDC associé agencé à l'arrière, et une vue en élévation regardant vers le haut sur la surface de support du patin; et

30 les figures 13A, 13B et 13C sont des vues en coupe transversales de différentes configurations de la section transversale des éléments DOCC selon l'invention.

MEILLEURS MODES D'EXÉCUTION DE L'INVENTION

La figure 1 des dessins représente un trépan rotatif à lames 10, regardant vers le haut au niveau de sa face ou de son extrémité avant 12, comme si l'observateur était placé
35 au fond d'un trou de forage. Le trépan 10 englobe plusieurs dispositifs de coupe PDC 14 reliés par leurs substrats (tables diamantées et substrats, non représentés séparément pour plus de clarté), par exemple par brasage, dans des proches 16 dans des lames 18 s'étendant au-dessus de la face 12, ceci étant bien connu dans la technique de fabrication de trépan

du type à "matrice". De tels trépan englobent une masse de poudre métallique, par exemple de carbure de tungstène, infiltrée d'un liant fondu, pouvant être durci ultérieurement, comme un alliage à base de cuivre. On comprendra toutefois que la présente invention n'est pas limitée à des trépan de type à matrice, et que les trépan à corps en acier et les trépan de fabrication différente peuvent aussi être configurés selon la présente invention.

Des trajectoires de fluide 20 sont agencées entre les lames 18 et sont alimentées en fluide de forage par des buses 22 fixées dans des orifices de buse 24, les orifices 24 étant agencés au niveau de l'extrémité de passages menant d'un plénum s'étendant dans le corps du trépan à partir d'une queue tubulaire au niveau de l'extrémité supérieure ou arrière du trépan (voir figure 2A en combinaison avec le texte d'accompagnement pour la description de ces caractéristiques). Les trajectoires de fluide 20 s'étendent vers des fentes à rebuts 26 s'étendant vers le haut le long du côté du trépan 10 entre les lames 18. Des patins de front de taille 19 comportent des extensions longitudinalement ascendantes des lames 18 et peuvent comporter des inserts résistants à l'usure ou des revêtements sur les surfaces radialement externes 12, ceci étant bien connu dans la technique. Les déblais de la formation sont éliminés des dispositifs de coupe PDC 14 par le fluide de forage F sortant des buses 22, se déplaçant en général radialement vers l'extérieur à travers les trajectoires de fluide 20 et ensuite vers le haut à travers les fentes à rebuts 26 vers un espace annulaire entre le train de tiges sur lequel le trépan 10 est suspendu, et sur la surface.

Plusieurs éléments DOCC, comprenant chacun un segment de support arqué 30a à 30f (désignés parfois collectivement par le numéro de référence "30") sont agencés sur les lames 18 et constituent dans certains cas la liaison entre elles. Les segments de support 30b et 30e sont plus spécifiquement agencés chacun en partie sur une lame adjacente 18 et s'étendent entre elle. Les segments de support arqués 30a à 30f, situés chacun le long d'un rayon par rapport à la ligne médiane du trépan pratiquement identique à celui d'un dispositif de coupe PDC 14 suivant en rotation ce segment de support 30, établissent ensemble une aire de surface suffisante pour résister au WOB axial ou longitudinal sans dépasser la résistance à la compression de la formation en cours de forage, de sorte à ne pas entailler ou ébouler la roche et à assurer pratiquement la commande de la pénétration des dispositifs de coupe PDC 14 dans la roche. Comme représenté dans la figure 1, des éléments ou des inserts résistants à l'usure 32, sous forme de briques ou de disques en carbure de tungstène, en grains de diamant, en film de diamant ou en diamant naturel ou synthétique (PDC ou TSP) ou en nitrure de bore cubique, peuvent être ajoutés sur les surfaces de support externes des segments de support 30 pour réduire l'usure par abrasion correspondante par suite du contact avec la formation en présence d'un WOB lors de la rotation du trépan 10 pendant l'application d'un couple. Au lieu de comporter des inserts, les surfaces de support peuvent être composées d'un matériau résistant à l'usure ou être

complètement recouvertes d'un tel matériau. L'importance des caractéristiques d'usure des éléments DOCC sera expliquée plus en détail ci-dessous.

Les figures 2 et 2A représentent une autre forme de réalisation 100 d'un trépan de forage rotatif selon la présente invention, les caractéristiques et les éléments des figures 2 et 2A correspondant à ceux du trépan 10 de la figure 1 étant désignés par les mêmes numéros de référence. La figure 2 représente un trépan à lames rotatif 100, regardant vers le haut au niveau de sa face 12, comme si l'observateur était placé au niveau du fond d'un trou de forage. Le trépan 100 englobe aussi plusieurs dispositifs de coupe PDC 14 reliés par leurs substrats (tables diamantées et substrats, non représentés séparément pour plus de clarté), par exemple par brasage, dans des poches 16 dans des lames 18 s'étendant au-dessus de la face 12 du trépan 100.

Des trajectoires de fluide 20 sont agencées entre les lames 18 et sont alimentées en fluide de forage F par des buses 22 fixées dans des orifices de buse 24, les orifices 24 étant agencés au niveau de l'extrémité de passages 36 menant d'un plénum 38 s'étendant dans le corps du trépan 40 à partir d'une queue tubulaire 42 filetée (non représenté) sur sa surface externe 44, ceci étant bien connu dans la technique, au niveau de l'extrémité supérieure du trépan (voir figure 2A). Les trajectoires de fluide 20 s'étendent vers des fentes à rebuts 26 s'étendant vers le haut le long du côté du trépan 10 entre les lames 18. Des patins de front de taille 19 comportent des extensions longitudinalement ascendantes des lames 18 et peuvent comporter des inserts résistants à l'usure ou des revêtements sur les surfaces radialement externes 12, ceci étant bien connu dans la technique.

Plusieurs éléments DOCC, comprenant chacun un segment de support arqué 30a à 30f sont agencés sur les lames 18 et établissent dans certains cas la liaison entre elles. Les segments de support 30b et 30e sont plus spécifiquement agencés chacun en partie sur une lame adjacente 18 et s'étendent entre elle. Les segments de support arqués 30a à 30f, situés chacun le long d'un rayon par rapport à la ligne médiane du trépan pratiquement identique à celui d'un dispositif de coupe PDC 14 suivant en rotation ce segment de support 30, établissent ensemble une aire de surface suffisante pour résister au WOB axial ou longitudinal sans dépasser la résistance à la compression de la formation en cours de forage, de sorte à ne pas entailler ou ébouler la roche et à contrôler pour l'essentiel la pénétration des dispositifs de coupe PDC 14 dans la roche.

Uniquement à titre d'exemple, l'aire de surface totale des éléments DOCC pour un trépan d'un diamètre de 216 mm (8,5 pouces), configuré en général comme représenté dans les figures 1 et 2, peut être d'environ 77 cm carrés (12 pouces carrés). Lorsque la résistance à la compression non confinée d'une formation relativement molle devant être forée par le trépan 10 ou 100 correspond par exemple à 13,8 mégapascals (mPa) (2.000 livres par pouce carré (psi)), un WOB d'au moins environ 106,7 kilonewtons (kN) (24.000 livres) peut être appliqué sans ébouler ou entailler la formation. Un tel WOB est largement supérieur au WOB pouvant normalement être appliqué à un trépan dans de telles formations (allant par exemple d'une valeur réduite comprise entre 4,4 et 13,3 kN

(1.000 à 3.000 livres) à environ 22,2 kN (5.000 livres)) sans entraîner une agglutination du trépan par suite d'une DOC excessive et un volume de déblais dépassant la capacité de dégagement hydraulique correspondante du trépan. Dans des formations plus dures, avec des résistances à la compression comprises par exemple entre 137,8 et 275,8 mPa (20.000 à 40.000 psi), l'aire de surface totale des éléments DOCC peut être notablement réduite tout en s'adaptant à un WOB substantiel appliqué au trépan et maintenant le trépan fermement au fond du trou de forage. En cas d'utilisation d'engins de forage plus anciens ou au cours du forage directionnel, ces deux cas rendant difficile le contrôle du WOB avec une quelconque précision substantielle, la capacité d'une surcharge par le WOB sans conséquences néfastes révèle en outre les performances supérieures des trépan selon l'invention. Il faut noter ici que l'utilisation d'une résistance à la compression non confinée de la roche de la formation fournit une marge considérable pour le calcul de la zone de support requise des éléments DOCC pour un trépan, étant donné que la résistance à la compression confinée sur place d'une formation souterraine en cours de forage est notablement plus élevée. Si nécessaire, la résistance à la compression confinée peut ainsi être utilisée pour la conception de la surface de support totale des éléments DOCC pour avoir une surface requise réduite, mais établissant toujours une "marge" appropriée de surface de support excédentaire en vue d'une adaptation à des variations de la résistance à la compression continue pour exclure une entaille ou un éboulement de la formation au fond du trou.

Le trépan 100 est certes très similaire au trépan 10, mais l'observateur peut constater que les inserts résistants à l'usure 32 sont enlevés des segments de support sur le trépan 100, un tel agencement étant approprié pour des formations moins abrasives dans lesquelles l'usure est moins importante, le carbure de tungstène de la matrice du trépan (ou du rechargement dur appliqué lorsque le corps du trépan est composé d'acier) étant suffisant pour résister à l'usure par abrasion pendant la durée de vie prévue du trépan. Comme représenté dans la figure 13A, les éléments DOCC (segments de support) 30 du trépan 10 ou du trépan 100, ou d'un quelconque trépan selon l'invention, peuvent avoir une section transversale arquée, prise transversalement à l'arc suivi lors de la rotation du trépan, pour établir une surface de support arquée 31a, imitant l'arc de l'arête de coupe d'un dispositif de coupe PDC associé non usé suivant un élément DOCC. Comme représenté dans la figure 13B, un élément DOCC 30 peut aussi avoir une surface de support plate 31 par rapport à la formation ou peut avoir une autre configuration. Comme représenté dans la figure 13C, un élément DOCC 30 peut aussi avoir une configuration à section transversale et être composé d'un matériau entraînant une usure intentionnelle et relativement rapide (en comparaison avec la vitesse d'usure d'un dispositif de coupe PDC) à partir d'une surface de support initiale plus petite 31i établissant une DOC_1 relativement réduite par rapport au point ou à la ligne de contact C avec la formation, parcourue par l'arête de coupe d'un dispositif de coupe PDC associé arrière pendant un premier intervalle de forage d'une première formation dure, vers une surface de support secondaire

plus grande 31s établissant aussi une DOC_2 largement réduite pour un deuxième intervalle de forage d'une formation inférieure beaucoup plus molle (et à résistance réduite à la compression). Il est aussi possible de prévoir un cisaillement contrôlable de la tête 33 de la structure DOCC 30 à partir de la base 35 (par exemple par l'intermédiaire de connexions cassables, comme une goupille de cisaillement, une goupille de cisaillement 5 37 étant représentée par des tirets).

Pour des objectifs de référence, les trépan 10 et 100 illustrés peuvent être considérés comme étant symétriques ou concentriques à leurs lignes médianes ou leurs axes longitudinaux L, ceci ne constituant toutefois pas une exigence de l'invention.

10 Comparés aux trépan connus dans la technique, les deux trépan 10 et 100 ne sont pas conventionnels, étant donné que les dispositifs de coupe PDC 14 sur les trépan 10 et 100 sont agencés à des inclinaisons arrière largement réduites, dans l'intervalle allant par exemple de 7° à 15° . A titre de comparaison, de nombreux trépan conventionnels sont équipés de dispositifs de coupe ayant une inclinaison arrière de 30° , 15 une inclinaison arrière de 20° étant considérée comme quelque peu "agressive" dans la technique. La présence des éléments DOCC permet l'application d'inclinaisons arrière beaucoup plus agressives, étant donné que les éléments DOCC empêchent une pénétration des dispositifs de coupe PDC à inclinaison agressive dans la formation à une profondeur excessive, comme dans le cas d'un trépan ne comportant pas d'éléments 20 DOCC.

Dans le cas du trépan 10 et du trépan 100, les éléments DOCC précédant en rotation 30 sont configurés et agencés de sorte à s'adapter de manière assez exacte à la configuration forée au fond du trou de forage lors du forage à un ROP de 30,48 mètres par heure (m/h) (100 pieds par heure (pph) à 120 rotations par minute (t/m) du trépan. Ceci entraîne une DOC de l'ordre de 4,23 mm (0,166 pied) par révolution. Par suite de la présence des éléments DOCC 30, après l'application d'un WOB suffisant au trépan à 25 30,48 m/h (100 pieds/h), un quelconque WOB additionnel est transféré du corps 40 du trépan 10 ou 100 à travers les éléments DOCC vers la formation. Les dispositifs de coupe 14 ne sont ainsi pas exposés à un quelconque poids additionnel substantiel, sauf et jusqu'à 30 l'application d'un WOB suffisant pour ébouler la formation en cours de forage, cette application pouvant pour l'essentiel être contrôlée par le foreur, étant donné que les éléments DOCC peuvent être conçus de sorte à établir une grande marge d'erreur par rapport à une quelconque séquence donnée de formations pouvant être rencontrées lors du forage d'un intervalle. Selon une autre caractéristique de la présente invention, les 35 éléments DOCC empêchent une pénétration excessive des dispositifs de coupe dans la formation ou une entaille correspondante, ceci constituant un avantage majeur lors du forage avec un moteur de fond, une situation dans laquelle il est souvent difficile de contrôler le WOB, un WOB entraînant une telle pénétration excessive pouvant mener à un calage du moteur, avec une perte conséquente de la face de coupe et un éventuel 40 endommagement des composants du moteur et du trépan même. L'addition d'un WOB

supérieur à celui requis pour atteindre le ROP requis exige certes un couple additionnel pour faire tourner le trépan par suite de la résistance de frottement à la rotation des éléments DOCC au-dessus de la formation, mais un tel couple additionnel constitue une composante mineure du couple global.

5 L'avantage des éléments DOCC pour contrôler le couple peut être compris aisément en revoyant la figure 3 des dessins, constituant un modèle mathématique des performances d'un trépan PDC Hughes Christensen R324XL d'un diamètre de 95,3 mm (3 3/4 pouces), à quatre lames, montrant différentes courbes du couple par rapport aux courbes du WOB pour varier les inclinaisons arrière des dispositifs de coupe lors du
10 forage de la roche argileuse de Mancos. La courbe A représente le trépan avec une inclinaison arrière de 10° des dispositifs de coupe, la courbe B représente le trépan avec une inclinaison arrière de 20° des dispositifs de coupe, la courbe C représente le trépan avec une inclinaison arrière de 30° des dispositifs de coupe et la courbe D représente le trépan utilisant des dispositifs de coupe agencés à une inclinaison arrière de 20° et
15 englobant des éléments DOCC selon la présente invention. Le modèle assume que la conception du trépan est conforme à l'invention pour un ROP de 15,24 m/h (50 pieds/h) à 100 t/m, ce qui donne une pénétration de 2,54 mm (0,1 pouce) par révolution d'une formation en cours de forage. On peut constater qu'indépendamment de l'inclinaison arrière des dispositifs de coupe, les courbes A à C indiquent clairement qu'en cas
20 d'absence des éléments DOCC selon la présente invention, l'application du couple requis au trépan continue de s'accroître en continu et de façon pratiquement linéaire à l'application du WOB appliqué, indépendamment de la valeur du WOB appliqué. D'un autre côté, la courbe D indique qu'après l'application d'un WOB proche d'environ 35,6 kN (8.000 livres) au trépan englobant des éléments DOCC, la courbe du couple est
25 notablement aplatie et s'accroît de façon pratiquement linéaire et peu prononcée, uniquement à partir d'environ 908 Joules (J) (670 pieds-livre) à une valeur juste supérieure à 1085 J (800 pieds-livre), même lorsque le WOB est proche de 111,2 kN (25.000 livres). Comme indiqué ci-dessus, cet accroissement relativement faible du couple après l'engagement des éléments DOCC dans la formation dépend du frottement et
30 il est aussi dans une certaine mesure prévisible. Comme représenté graphiquement dans la figure 3, cette charge de couple additionnelle s'accroît de façon pratiquement linéaire sous forme d'une fonction du WOB multiplié par le coefficient de frottement entre le trépan et la formation, et est pratiquement indépendante de la surface de contact entre eux.

En référence à la figure 4 des dessins (non à l'échelle), il est possible de mieux
35 comprendre le fonctionnement et les avantages des éléments DOCC selon la présente invention. En supposant qu'un trépan est conçu pour un ROP de 36,6 m/h (120 pieds/h) à 120 t/m, il faut prévoir une DOC moyenne de 5 mm (0,20 pouce). Les éléments DOCC ou les éléments de limitation de la DOC seraient ainsi conçus de sorte à contacter en premier lieu la surface de la formation souterraine FS pour établir une DOC de 5 mm (0,20
40 pouce). Pour les objectifs de la figure 4, on suppose que les éléments DOCC ou les

éléments de limitation de la DOC sont dimensionnés de sorte que la résistance à la compression de la formation en cours du forage n'est pas dépassée lors de l'application du WOB. Comme indiqué ci-dessus, la résistance à la compression en question correspondrait typiquement à la résistance à la compression sur place de la roche de la formation existant dans la formation en cours de forage (plus un certain facteur de sécurité), plutôt qu'à la résistance à la compression sans contrainte d'un échantillon de roche. La figure 4 représente un dispositif de coupe PDC exemplaire 14, se déplaçant linéairement de la droite vers la gauche sur la page. Une révolution complète du trépan 10 ou 100 sur lequel est monté le dispositif de coupe PDC 14 a été "déployée" et mise à plat dans la figure 4. Comme représenté, le dispositif de coupe PDC 14 a ainsi progressé vers le bas (c.à.d. le long de l'axe longitudinal du trépan 10 ou 100 sur lequel il est monté) de 5 mm (0,20 pouce) lors d'une rotation de 360° du trépan 10 ou 100. Comme représenté dans la figure 4, une structure ou un élément 50 devant servir d'élément de limitation de la DOC est agencé de manière conventionnelle, en rotation juste "à l'arrière" du dispositif de coupe PDC 14, par exemple de seulement 22,5° derrière le dispositif de coupe PDC 14, la pointe la plus externe 50a devant être évidée vers le haut de 0,3 mm (0,0125 pouce) (5 mm (0,20 pouce) DOC x 22,5°/360°) à partir de la pointe la plus externe 14a du dispositif de coupe PDC 14 pour atteindre une DOC initiale de 5 mm (0,20 pouce). Lorsque l'élément de limitation de la DOC 50 est toutefois utilisé pendant le forage, par exemple de seulement 0,25 mm (0,010 pouce) par rapport à la pointe 14a du dispositif de coupe PDC 14, la distance de décalage vertical entre la pointe 50a de l'élément de limitation de la DOC 50 et la pointe 14a du dispositif de coupe PDC 14 est accrue à 0,57 mm (0,0225 pouce). La DOC sera ainsi notablement accrue, en fait presque doublée, à 9,1 mm (0,36 pouce). Le ROP potentiel correspondrait donc à 65,8 m/h (216 pieds/h) par suite de l'accroissement de la distance verticale du dispositif de coupe PDC 14 par l'élément de limitation de la DOC usé 50, l'accroissement de la DOC risquant toutefois d'endommager le dispositif de coupe PDC 14 ou d'entraîner une agglutination du trépan 10 ou 100 par production d'un volume de déblais de la formation supérieur à la capacité de dégagement hydraulique correspondante du trépan. De même, lorsque la pointe du dispositif de coupe PDC 14a est usée de manière relativement plus rapide que l'élément de limitation de la DOC 50, par exemple de 0,25 mm (0,010 pouce), la distance de décalage vertical est réduite à 0,0635 mm (0,0025 pouce), la DOC est réduite à 1,02 mm (0,04 pouce) et le ROP à 7,3 m/h (24 pieds/h). Une usure excessive ou un mauvais emplacement vertical du dispositif de coupe PDC 14 ou de l'élément de limitation de la DOC 50 peut entraîner un vaste intervalle de ROP possibles pour une vitesse de rotation donnée. D'un autre côté, lorsqu'un élément DOCC exemplaire 60 est agencé selon la présente invention, précédant en rotation de 45° la pointe du dispositif de coupe PDC 14a (ou suivant celui-ci en rotation de 315°), la pointe la plus externe 60a serait initialement évidée vers le haut de 4,45 mm (0,175 pouce) (5 mm (0,20 pouce) DOC x 315°/360°) par rapport à la pointe du dispositif de coupe PDC 14 pour établir la DOC initiale de 5 mm (0,20 pouce). La figure

4 montre le même élément DOCC 60 deux fois, précédant et suivant en rotation le dispositif de coupe PDC 14, pour une plus grande clarté, étant entendu que la trajectoire du dispositif de coupe PDC 14 est circulaire à travers un arc de 360° en fonction de la rotation du trépan 10 ou 100. Lorsque l'élément DOCC 60 est usé de 0,25 mm (0,010 pouce) par rapport à la pointe du dispositif de coupe PDC 14a, la distance de décalage vertical entre la pointe 60a de l'élément DOCC 60 et la pointe 14a du dispositif de coupe PDC 14 n'est accrue que de 4,45 mm (0,175 pouce), passant à 4,7 mm (0,185 pouce). Par suite de l'emplacement de l'élément DOCC 60 par rapport au dispositif de coupe PDC 14, la DOC ne sera que légèrement accrue, à environ 5,4 mm (0,211 pouce). Le ROP ne serait donc accu qu'à environ 38,7 m/h (127 pieds/h). Lorsque le dispositif de coupe PDC 14 est usé de 0,25 mm (0,010 pouce) par rapport à l'élément DOCC 60, le décalage vertical de l'élément DOCC 60 est seulement réduit à 4,2 mm (0,165 pouce) et la DOC est seulement réduite à environ 4,8 mm (0,189 pouce), avec un ROP correspondant d'environ 34,4 m/h (113 pieds/h). On peut ainsi voir facilement comment l'emplacement en rotation d'un élément DOCC peut notablement affecter le ROP lors de l'usure de l'élément de limitation ou du dispositif de coupe l'un par rapport à l'autre, ou si un de ces composants a été mal placé ou dimensionné de façon incorrecte, débordant de manière incorrecte légèrement vers le haut ou vers le bas par rapport à ses dimensions idéales ou de "conception" de sa position par rapport à l'autre composant associé lors de la fabrication du trépan. Des disparités dans l'usure entre un dispositif de coupe et un élément de limitation de la DOC agencé derrière le dispositif de coupe ont de même été exagérées dans la technique antérieure, celles-ci étant notablement réduites lors de l'utilisation d'éléments DOCC dimensionnés et agencés dans des positions précédant les dispositifs de coupe selon la présente invention. Lors de l'utilisation d'un élément de limitation de la DOC agencé derrière plutôt que devant un dispositif de coupe donné, il faut en outre noter que l'application d'une charge de choc ou d'impact au dispositif de coupe est plus probable, étant donné que lorsque l'élément de limitation de la DOC contacte la formation, la pointe du dispositif de coupe a déjà contacté la formation. Comme ils sont agencés à l'avant d'un dispositif de coupe donné le long de la trajectoire hélicoïdale descendante que traverse le dispositif de coupe en coupant la formation, les éléments DOCC agencés à l'avant ont en outre tendance à s'engager dans la formation avant le dispositif de coupe lorsque le trépan avance le long de son axe longitudinal. Les termes "précédant" et "suivant" le dispositif de coupe peuvent être compris aisément comme étant de préférence respectivement associés aux positions des éléments DOCC précédant en rotation un dispositif de coupe d'un maximum de 180° par rapport à des positions suivant en rotation un dispositif de coupe d'un maximum de 180°. Une certaine partie, par exemple un élément DOCC allongé arqué agencé à l'avant selon la présente invention peut certes précéder en rotation un dispositif de coupe associé de sorte à s'approcher d'une position arrière, mais la majeure partie de la longueur arquée d'un tel élément DOCC réside de préférence dans une position avant. En faisant une nouvelle fois référence aux figures 1 et 2, on

comprendra qu'il peut y avoir un espacement en rotation notable entre un dispositif de coupe PDC 14 et un segment de support associé 30 d'un élément DOCC, par exemple à travers une trajectoire de fluide 20 et sa fente à rebuts associée 26, tout en précédant toujours en rotation le dispositif de coupe PDC 14. Au moins une partie d'un élément DOCC selon l'invention précède de préférence d'environ 90° en rotation la face d'un dispositif de coupe associé.

On pourrait se demander pourquoi une limitation du ROP est indiquée, étant donné que les trépan selon la présente invention utilisant des éléments DOCC peuvent en effet assurer un forage avec un ROP inférieur à celui des trépan non équipés de la sorte.

10 Comme indiqué ci-dessus, l'utilisation d'éléments DOCC pour assurer un DOC prévisible et capable d'être pratiquement maintenu en combinaison avec une capacité connue des structures hydrauliques d'un trépan à dégager les déblais de la formation du trépan à un taux volumétrique maximal donné, permet toutefois d'assurer un ROP maximal capable d'être maintenu (plutôt que de pointe), sans agglutination du trépan et avec une usure

15 réduite du dispositif de coupe, tout en empêchant pour l'essentiel un endommagement du dispositif de coupe et une cassure par suite d'une DOC excessive, ainsi qu'un endommagement et une cassure par suite d'un impact. Un calage du moteur et une perte de la face de coupe peuvent aussi être empêchés. Dans des formations molles ou ultra-molles, très susceptibles à une agglutination, la limitation de l'unité de volume de roche

20 éliminée de la formation par unité de temps empêche une "coupe excessive" de la formation par un trépan. Dans des formations plus dures, la possibilité d'appliquer un WOB additionnel, supérieur à celui requis pour assurer une DOC prévue du trépan, peut servir à supprimer les vibrations normalement entraînées par les dispositifs de coupe PDC et leur action de coupe, ainsi que les vibrations du train de tiges sous forme d'un

25 rebondissement, se manifestant sur le trépan par suite d'une DOC excessive. Dans de telles formations plus dures, les éléments DOCC peuvent également être caractérisés "d'éléments d'arrêt de la charge", utilisés en combinaison avec un WOB "excessif" pour protéger les dispositifs de coupe PDC contre un endommagement dû à des vibrations, les éléments DOCC étant de nouveau dimensionnés de sorte que la résistance à la

30 compression de la formation n'est pas dépassée. Dans des formations plus dures, la possibilité d'amortir les vibrations et un rebondissement en maintenant un contact constant entre le trépan et la formation est hautement avantageuse en ce qui concerne la stabilité et la longévité du trépan, l'invention empêchant une perte de la face de coupe dans des applications dirigeables.

35 La figure 5 illustre une variation exemplaire d'un élément DOCC selon la présente invention, pouvant être désigné d'élément DOCC "étagé" 130, comprenant un segment de support allongé arqué. Une telle configuration, représentée pour illustrer l'agencement à l'avant d'un dispositif de coupe PDC 14 sur un trépan 100 (uniquement à titre d'exemple) englobe un premier étage inférieur, précédant en rotation 132 et un deuxième étage plus

40 élevé, suivant en rotation 134. Lorsque la pointe 14a du dispositif de coupe PDC 14 suit

sa trajectoire hélicoïdale descendante désignée en général par la ligne 140 (la trajectoire n'étant pas déployée sur la page, comme dans la figure 4), l'aire de surface du premier étage 132 peut servir à limiter la DOC dans une formation plus dure, présentant une résistance à la compression accrue, le trépan se déplaçant en haut de la formation, le dispositif de coupe 14 assurant une DOC_1 minimale dans la surface de la formation, représentée par le trait pointillé inférieur. Lorsque le trépan 100 rentre toutefois dans une formation beaucoup plus molle, présentant une résistance à la compression largement réduite, l'aire de surface du premier étage 132 sera insuffisante pour empêcher une entaille et un éboulement de la formation, le premier étage 132 entaillant ainsi la formation jusqu'à ce que la surface du deuxième étage 134 rencontre le matériau de la formation, accroissant la DOC du dispositif de coupe 14. A ce stade, l'aire de surface totale des premier et deuxième étages 132 et 134 (en combinaison avec d'autres premiers et deuxièmes étages respectivement associés à d'autres dispositifs de coupe 14) sera suffisante pour empêcher une nouvelle entaille de la formation, la DOC_2 plus profonde dans la surface de la formation plus molle (représentée par le trait pointillé supérieur) sera maintenue jusqu'à ce que le trépan 100 rencontre de nouveau une formation plus dure. Dans ce cas, le trépan 100 remonte sur le premier étage 132, absorbant un quelconque impact provenant de la rencontre avant que le dispositif de coupe 14 rencontre la formation, la DOC étant réduite à son niveau DOC antérieur, empêchant un couple excessif et un calage du moteur.

Comme représenté dans les figures 1 et 2, un ou plusieurs éléments DOCC d'un trépan selon l'invention peuvent comprendre des segments de support allongés arqués 30 agencés pratiquement au même rayon autour de l'axe longitudinal ou de la ligne médiane du trépan qu'un dispositif de coupe précédé par cet élément DOCC. Dans ce cas, comme représenté dans la figure 6A, montrant un segment de support arqué exemplaire 30 déployé pour reposer à plat sur le page, il est préférable que la surface de support externe S d'un segment 30 soit inclinée à un angle α par rapport à un plan P transversal à la ligne médiane L du trépan, pratiquement similaire à l'angle β de la trajectoire hélicoïdale 140 traversée par le dispositif de coupe PDC associé 14 lors du forage du trou de forage par le trépan. Par suite d'une telle orientation de la surface externe S, l'ensemble de la surface potentielle ou la surface de support du segment de support 30 contacte la formation et reste en contact avec celle-ci lors de la rotation du dispositif de coupe PDC. Comme représenté dans la figure 6B, la surface externe S d'un segment arqué peut aussi être inclinée à un angle variable pour s'adapter à un ROP maximal et minimal prévu d'un trépan. Lorsqu'un trépan est ainsi conçu pour assurer le forage à une vitesse comprise entre 33,5 et 39,6 m/h (110 et 130 pieds/h), la partie précédant en rotation LS de la surface S peut former un angle γ relativement réduit, la partie suivant en rotation TS de la surface S (l'ensemble de la surface S précédant toujours en rotation le dispositif de coupe PDC 14) peut former un autre angle δ relativement plus raide (les deux angles sont représentés à une grandeur exagérée pour plus de clarté), le reste de la surface S formant

un angle de transition progressif entre elles. Comme la DOC doit forcément s'accroître pour accroître le ROP, en présence d'une vitesse de rotation pratiquement constante, à un premier angle d'hélice plus réduit 140a correspondant à un ROP réduit, la partie avant LS de la surface S sera en contact avec la formation en cours de forage, tandis qu'en présence
5 d'un ROP plus élevé, l'angle d'hélice sera plus raide, comme représenté par l'angle d'hélice 140b (exagéré pour plus de clarté), la partie avant LS ne contactant plus la formation, la surface de contact étant déplacée vers la partie arrière à angle plus raide TS. En présence d'un ROP intermédiaire entre les limites supérieure et inférieure de l'intervalle prévu, une
10 partie de la surface S entre la partie avant LS et la partie arrière TS (ou les parties des deux parties LS et TS) fera évidemment fonction de surface de support. Une configuration du type représentée dans la figure 6B peut être adaptée facilement à des formations à résistance élevée à la compression, avec des ROP variant dans le cadre de l'intervalle prévu, étant donné que les exigences concernant l'aire de la surface de support pour les éléments DOCC sont nominales. Pour les trépan utilisés pour le forage de
15 formations plus molles, il peut être nécessaire de fournir une aire de surface supplémentaire pour chaque élément DOCC pour empêcher un éboulement ou une entaille de la formation, seule une partie de chaque élément DOCC étant en contact avec la formation à un quelconque moment lors du forage à travers un intervalle prévu de ROP.

20 Une autre considération concernant la conception des trépan selon la présente invention est constituée par le caractère abrasif de la formation en cours de forage, ainsi que par les taux d'usure relatifs des éléments DOCC et des dispositifs de coupe PDC. Dans les formations non abrasives, ceci ne constitue pas un problème majeur, étant donné que ni l'élément DOCC ni le dispositif de coupe PDC ne seront beaucoup usés. Dans les
25 formations plus abrasives, il peut toutefois être nécessaire de prévoir des inserts résistants à l'usure 32 (voir figure 1) ou de protéger d'une autre manière les éléments DOCC contre une usure excessive (c.à.d. prématurée) par rapport aux dispositifs de coupe auxquels ils sont associés pour empêcher une réduction de la DOC. Lorsque le trépan est par exemple un trépan du type à matrice, une couche de grains de diamant peut être noyée dans les
30 surfaces externes des éléments DOCC. Des bouchons de carbure de tungstène cimenté préformés, coulés dans la face du trépan peuvent aussi être utilisés comme éléments DOCC. Un film de diamant peut être formé sur des parties sélectionnées de la face du trépan, avec application de techniques de dépôt chimique en phase vapeur connues, des films de diamant pouvant aussi être formés sur des substrats qui sont alors coulés ou
35 brasés sur le corps du trépan ou fixés d'une autre manière à celui-ci. Des diamants naturels, des PDC thermiquement stables (appelés normalement TSP) ou même des PDC comportant des faces pratiquement parallèles à l'angle d'hélice de la trajectoire du dispositif de coupe (de sorte que la face constituant normalement la face de coupe du PDC fait fonction de surface de support), ou des structures en nitrure de bore cubique
40 similaires aux structures de diamant ci-dessus peuvent aussi être utilisées sur les surfaces

de support, ou pour constituer les surfaces de support des éléments DOCC, en fonction des besoins, par exemple lors du forage dans du calcaire ou de la dolomite. Pour réduire les forces de frottement entre une surface de support DOCC et la formation, il est possible d'utiliser une surface diamantée à rugosité très réduite, dite "polie", conformément aux
5 brevets US 5447208 et 5653300, attribués au cessionnaire de la présente invention et incorporés dans la présente description à titre de référence. Dans le cas idéal, et compte tenu de l'usure de la table diamantée et du substrat de support en comparaison avec l'usure des éléments DOCC, les caractéristiques d'usure et les volumes des matériaux déterminant l'usure des éléments DOCC peuvent être ajustés de sorte que le taux d'usure
10 des éléments DOCC peut être pratiquement adapté au taux d'usure des dispositifs de coupe PDC pour maintenir une DOC pratiquement constante. Cette approche permet d'utiliser le dispositif de coupe PDC pendant une durée potentielle maximale. On comprendra évidemment que les éléments DOCC peuvent être configurés sous forme de "nœuds" abrégés ou de grands "mesas" ainsi que sous forme de segments arqués, comme
15 décrit ci-dessus, ou avoir une quelconque autre configuration appropriée à la formation en cours de forage pour empêcher un éboulement de celle-ci par les éléments DOCC en présence d'un WOB prévu ou planifié.

Pour remplacer un élément DOCC fixe ou passif, il est aussi possible d'utiliser des éléments DOCC actifs ou des segments de support actifs à différentes fins. Des galets
20 peuvent par exemple être agencés en face des dispositifs de coupe pour fournir un élément DOCC à frottement réduit, un palier fluide comprenant une ouverture entourée par un patin ou un mesa sur la face du trépan pouvant aussi être utilisé pour établir une séparation des dispositifs de coupe, avec un frottement correspondant réduit. Des éléments DOCC mobiles, par exemple des structures pivotables, pourraient aussi être
25 utilisées en vue de l'adaptation aux variations du ROP dans le cadre d'un intervalle donné par inclinaison des surfaces de support des éléments DOCC, de sorte que les surfaces sont orientées au même angle que la trajectoire hélicoïdale des dispositifs de coupe associés.

Différents éléments DOCC (pouvant aussi être appelés segments de support) selon l'invention seront décrits ci-dessous en référence aux figures 7 à 12 des dessins.

30 Comme représenté dans les figures 7 et 7A, un trépan exemplaire 150 comportant un dispositif de coupe PDC 14 qui y est fixé de sorte à suivre en rotation la trajectoire de fluide 20 englobe un élément DOCC pivotable 160 composé d'un corps à surface arquée 162 (pouvant comprendre une demi-sphère en vue de la rotation autour de plusieurs axes ou seulement une surface arquée s'étendant transversalement au plan de la page en vue
35 d'une rotation autour d'un axe transversal à la page) fixé dans une douille 164 et comportant un élément résistant à l'usure optionnel 160 sur la surface de support correspondante 168. L'élément résistant à l'usure 166 peut simplement être constitué par une partie exposée du matériau du corps 162, lorsque ce dernier est par exemple composé de WC. L'élément résistant à l'usure 166 peut aussi comprendre une pointe, un insert ou
40 une gaine en WC sur la surface de support 168 du corps 162, des grains de diamant noyés

dans le corps 162 au niveau de la surface de support 168 , la surface de support 168 pouvant aussi comporter un traitement de surface à diamant synthétique ou naturel, englobant plus spécifiquement et sans limitation un film de diamant qui y est déposé ou lié. Il faut noter que l'aire de la surface de support 168 de l'élément DOCC qui se
5 déplacera sur la formation en cours de forage, ainsi que la DOC pour le dispositif de coupe 14 peuvent être ajustés aisément pour un trépan d'une conception définie en utilisant des corps 162 présentant différentes expositions (hauteurs) de la surface de support et différentes largeurs ou configurations de section transversale, comme représenté par des traits pointillés. Une adaptation à différentes résistances à la
10 compression est ainsi possible. L'utilisation d'un élément DOCC pivotable 160 permet une adaptation automatique de l'élément DOCC à différents ROP dans le cadre d'un intervalle donné d'angles d'hélice du dispositif de coupe. La DOC peut certes être affectée par le pivotement de l'élément DOCC 160, mais la variation dans le cadre d'un intervalle donné de ROP sera en général nominale.

15 Les figures 8 et 8A illustrent un trépan exemplaire 150 comportant un dispositif de coupe PDC 14 qui y est fixé de sorte à suivre en rotation la trajectoire de fluide 20, le trépan 150 englobant dans ce cas un élément DOCC 170 englobant un galet 172 monté par rotation par l'arbre 174 sur des paliers 176 supportés par le trépan 150 de chaque côté de la cavité 178 dans laquelle le galet 172 est en partie reçu. Dans cette forme de
20 réalisation, il faut noter que l'exposition et l'aire de la surface de support de l'élément DOCC 170 peuvent être ajustées aisément pour un trépan de conception définie en utilisant des galets de diamètre différent 172 ayant différentes largeurs et/ou différentes configurations de section transversale.

Les figures 9A, 9B, 9C et 9D illustrent respectivement d'autres éléments DOCC
25 pivotables 190, 200, 210 et 220. L'élément DOCC 190 englobe une tête 192 partiellement reçue dans une cavité 194 dans un trépan 150 et montée par l'intermédiaire d'un joint à bille 196 sur une tige 180 ajustée par pression dans une ouverture 198 en haut de la cavité 194. L'élément DOCC 200, dans lequel des éléments similaires à ceux de l'élément DOCC 190 sont désignés par les mêmes numéros de référence, constitue une variation de
30 l'élément DOCC 190. L'élément DOCC 210 utilise une tête 212 partiellement reçue dans une cavité 214 dans un trépan 150 et qui y est fixée par un élément de connexion élastique ou ductile 216 s'étendant dans une ouverture 218 en haut de la cavité 214. L'élément de connexion 216 peut par exemple comprendre un bloc élastomère, un ressort à boudin, un ressort Belleville, un ressort à lames ou un bloc de matériau ductile, par exemple d'acier
35 ou de bronze. L'élément de connexion 216, tout comme les joints à billes 196 et les têtes 192, permet ainsi une adaptation automatique de la tête 212 à des ROP variables, définissant différents angles d'hélice du dispositif de coupe, ou une compensation correspondante. L'élément DOCC 220 utilise un étrier 222 agencé par rotation et reçu partiellement dans la cavité 224, l'étrier 222 étant supporté sur la saillie 226 du trépan
40 150. Des arrêts 228 composés de matériaux élastiques ou ductiles (par exemple

d'élastomères, d'acier, de plomb, etc.) et pouvant être permanents ou remplaçables, permettent l'adaptation de l'étrier 226 à différents angles d'hélice. L'étrier 226 peut être fixé dans la cavité 224 par un quelconque moyen conventionnel. Comme les angles d'hélice varient pour un ROP spécifique donné, sous forme de la distance entre chaque dispositif de coupe et la ligne médiane du trépan, l'établissement d'un tel ajustement ou
5 d'une compensation automatique peut être préférable à la tentative de former des éléments DOCC avec des surfaces de support agencées à des angles différents et au niveau d'emplacements différents sur la face du trépan.

Les figures 10A et 10B illustrent respectivement différentes combinaisons d'un
10 élément DOCC et d'un dispositif de coupe PDC. Dans chaque cas, un dispositif de coupe PDC 14 est fixé à un support combiné du dispositif de coupe et à un élément de limitation de la DOC 240, le support 240 étant reçu dans une cavité 242 dans la face (ou sur une lame) d'un trépan exemplaire 150 et y étant fixé par exemple par brasage, soudage, par un élément de fixation mécanique ou d'une autre manière connue dans la technique.
15 L'élément de limitation de la DOC 240 englobe une saillie 244 comportant une surface de support 246. Comme représenté et seulement à titre d'exemple, la surface de support 246 peut être pratiquement plate (figure 10A) ou hémisphérique (figure 10B). La sélection d'un support du dispositif de coupe et d'un élément de limitation de la DOC 24 appropriés permet de varier la DOC du dispositif de coupe 14 et d'ajuster l'aire de surface de la
20 surface de support 246 en vue de l'adaptation à la résistance à la compression d'une formation cible.

Il faut noter que les éléments DOCC des figures 7 à 10 s'adaptent à différentes résistances à la compression des formations, optimisent la DOC et permettent de réduire au minimum le frottement de la surface de support tout en empêchant un éboulement de la
25 formation en présence d'un WOB, mais permettent aussi de faciliter la réparation sur place et le remplacement des éléments DOCC par suite d'un endommagement pendant le forage ou d'adapter différentes formations devant être forées dans des formations adjacentes ou des intervalles en vue de la pénétration par le même trou de forage.

La figure 11 illustre un élément DOCC 250 comportant une cavité annulaire ou un
30 canal 252 dans la face d'un trépan exemplaire 150. Des dispositifs de coupe PDC 14 radialement adjacents, flanquant le canal annulaire 252 coupent la formation 254 à l'exception du segment annulaire non coupé 256, débordant dans la cavité annulaire 252. Au niveau de la partie supérieure 260 du canal annulaire 252, un dispositif de coupe PDC à arêtes plates 258 (ou de préférence plusieurs dispositifs de coupe espacés en rotation
35 258) tronque le segment de formation annulaire 256 de manière contrôlée, de sorte que la hauteur du segment annulaire 256 reste pratiquement constante et limite la DOC des dispositifs de coupe PDC 14 adjacents. Dans ce cas, la surface de support de l'élément DOCC 250 comprend la partie supérieure 260 du canal annulaire 252, les côtés 262 du canal 252 empêchant un affaissement du segment de formation annulaire 256. On
40 comprendra qu'il est évidemment possible d'utiliser des canaux annulaires multiples 252

avec des dispositifs de coupe adjacents 14 et qu'une source de fluide de forage, par exemple une ouverture 264, peut être prévue pour lubrifier le canal 252 et éliminer par rinçage les déblais de la formation du dispositif de coupe 258.

Les figures 12 et 12A illustrent un élément DOCC à frottement réduit et à structure hydraulique améliorée 270 composé d'un patin DOCC 272 précédant en rotation un dispositif de coupe PDC 14 à travers la trajectoire de fluide 20 sur un trépan exemplaire 150, le patin 272 étant alimenté en fluide de forage à travers le passage 274 menant vers la surface de support 276 du patin 272 à partir d'un plénum 278 à l'intérieur du corps du trépan 150. Comme représenté dans la figure 12A, plusieurs canaux 282 peuvent être formés sur la surface de support 276 pour faciliter la distribution du fluide de forage à partir de l'embouchure 280 du passage 274 et à travers la surface de support 276. La déviation d'une faible partie de l'écoulement du fluide de forage vers le trépan à partir de sa trajectoire normale menant vers des buses associées aux dispositifs de coupe permet de réduire au moins dans une certaine mesure le frottement accru entraîné normalement par des accroissements du WOB après le contact entre la surface du support 276 du patin DOCC 272 et la formation, le frottement pouvant dans certains cas être pratiquement empêché, réduisant ou éliminant les accroissements du couple entraînés par des accroissements du WOB. Les passages 274 peuvent évidemment être dimensionnés de sorte à établir un écoulement approprié, les patins 72 pouvant être configurés avec des embouchures de dimensions appropriées 280. Les patins 272 peuvent évidemment être configurés de sorte à pouvoir être remplacés.

Comme indiqué ci-dessus, les inclinaisons arrière des dispositifs de coupe PDC utilisés dans un trépan équipé d'éléments DOCC selon l'invention, peuvent être plus agressives, c'est-à-dire moins négatives que dans le cas des trépan conventionnels. Des inclinaisons extrêmement agressives des dispositifs de coupe, englobant des inclinaisons neutres et même des inclinaisons positives (vers l'avant) des dispositifs de coupe peuvent aussi être appliquées avec succès, grâce au pouvoir inhérent du dispositif de coupe à résister à l'application d'une charge correspondante, par suite de ces inclinaisons, étant donné que les éléments DOCC empêchent l'engagement de tels dispositifs de coupe agressifs à une profondeur excessive dans la formation.

Il est aussi possible de prévoir deux hauteurs ou expositions différentes des segments de support sur un trépan, un groupe de segments de support plus hauts établissant une première aire de surface de support supportant le trépan sur des formations plus dures, à résistance accrue à la compression, établissant une DOC relativement faible des dispositifs de coupe PDC du trépan, et un groupe de segments de support moins hauts ne contactant pas la formation pendant le forage avant la rencontre d'une formation plus molle, à contrainte de compression réduite. A ce moment, les segments de support plus hauts ou plus exposés auront une aire de surface insuffisante pour empêcher une entaille (un éboulement) de la roche de la formation en cas d'application d'un WOB. Les segments de support plus hauts entaillent ainsi la formation jusqu'à ce que le deuxième groupe de

segments de support la contacte, l'aire de surface combinée des deux groupes de segments de support supportant alors le trépan sur la formation plus molle, toutefois en présence d'une DOC accrue pour permettre aux dispositifs de coupe d'éliminer un volume accru du matériau de la formation par rotation du trépan et établir ainsi un ROP accru pour une
5 vitesse de rotation donnée du trépan. Cette approche est différente de l'approche illustrée dans la figure 5 en ce que, contrairement au segment de support étagé 130, les segments de support à hauteurs ou expositions différentes sont associés à différents dispositifs de coupe. Cet aspect de l'invention peut ainsi par exemple être réalisé dans les trépan 10 et 100 des figures 1 et 2 en fabriquant des segments de support arqués sélectionnés avec une
10 hauteur ou une exposition supérieure à celle des autres segments. Les segments de support 30b et 30e des trépan 10 et 100 peuvent ainsi avoir une exposition supérieure à celle des segments 30a, 30c, 30d et 30f ou vice-versa.

Les dispositifs de coupe utilisés avec les trépan 10 et 100 ci-dessus ont été décrits comme étant des dispositifs de coupe PDC, mais les hommes de métier comprendront que
15 l'invention peut aussi être appliquée avec des trépan comportant d'autres dispositifs de coupe superabrasifs, par exemple des diamants polycristallins compacts thermiquement stables ou TSP, agencés en une configuration en mosaïque connue dans la technique pour simuler la face de coupe d'un dispositif de coupe PDC. Des dispositifs de coupe à film de diamant peuvent aussi être utilisés ainsi que des compacts de nitrure de bore cubique.

20 La présente invention a certes été décrite ci-dessus en référence à certaines formes de réalisation préférées, mais les hommes de métier comprendront qu'elle n'y est pas limitée. De nombreuses additions, suppressions et modifications peuvent être apportées aux formes de réalisation préférées sans se départir de l'objectif de l'invention, revendiqué ci-dessous. Les éléments d'une forme de réalisation peuvent en outre être combinés avec
25 des éléments d'une autre forme de réalisation, tout en étant toujours compris dans l'objectif de l'invention défini par les inventeurs. L'invention peut en outre être utilisée dans les trépan de forage de gros calibre et dans les trépan de carottage, ainsi qu'avec différents profils de trépan et différents types de dispositifs de coupe, différentes configurations et approches de montage.

REVENDICATIONS

1. Trépan de forage pour le forage souterrain, comprenant:
 - un corps de trépan englobant une extrémité avant destinée à contacter une formation pendant le forage et une extrémité arrière comportant une structure qui y est associée, destinée à connecter le trépan à un train de tiges;
 - au moins un dispositif de coupe superabrasif fixé sur le corps du trépan au-dessus de l'extrémité avant; et
 - au moins un élément sur l'extrémité avant, dimensionné et configuré de sorte à limiter une profondeur de coupe du au moins un dispositif de coupe superabrasif dans la formation par l'intermédiaire de la distribution d'un poids appliqué au trépan ou d'une autre charge axiale appliquée au trépan pendant le forage sur une aire de surface suffisante pour éviter un éboulement de la formation.
2. Trépan de forage selon la revendication 1, dans lequel le au moins un dispositif de coupe superabrasif comprend plusieurs dispositifs de coupe superabrasifs, le au moins un élément sur l'extrémité avant comprenant plusieurs segments de support comportant des surfaces de support et débordant du corps du trépan, chaque segment de support des plusieurs segments précédant, pris dans une direction de la rotation du trépan, un dispositif de coupe superabrasif des plusieurs dispositifs de coupe, une combinaison des surfaces de support des segments de support des plusieurs segments étant dimensionnée et configurée de sorte à établir l'aire de surface suffisante.
3. Trépan de forage selon la revendication 2, dans lequel au moins certains des segments de support sont chacun agencés à un rayon par rapport à une ligne médiane du corps du trépan pratiquement identique au rayon auquel est agencé un dispositif de coupe superabrasif précédé par ce segment de support.
4. Trépan de forage selon les revendications 2 ou 3, dans lequel les au moins certains des segments de support sont allongés, chacun des au moins certains des segments de support définissant un arc s'étendant pratiquement le long d'un seul rayon.
5. Trépan de forage selon les revendications 2, 3 ou 4, dans lequel les au moins certains des segments de support ont une section transversale arquée, prise transversalement à une direction d'allongement.
6. Trépan de forage selon les revendications 4 ou 5, dans lequel les surfaces de support de chacun des au moins certains des segments de support allongés sont orientées à au moins un angle par rapport à un plan transversal à la ligne médiane du corps du trépan, le au moins un angle étant pratiquement identique à un angle d'une trajectoire parcourue par un dispositif de coupe superabrasif à un rayon pratiquement identique à celui du segment de support allongé lors du forage du trépan de forage avec un taux de pénétration donné.

7. Trépan de forage selon les revendications 4, 5 ou 6, dans lequel les surfaces de support de chacun des au moins certains segments de support allongés sont orientées à au moins deux angles par rapport à un plan transversal à la ligne médiane du corps du trépan, les au moins deux angles étant pratiquement identiques aux dits au moins deux angles des trajectoires parcourues par un dispositif de coupe superabrasif à un rayon pratiquement identique à celui du segment de support allongé lors du forage du trépan de forage avec deux taux de pénétration différents.
8. Trépan de forage selon la revendication 7, dans lequel les surfaces de support de chacun des au moins certains des segments de support allongés englobent une partie de surface de support avant, formant un angle relativement réduit par rapport au plan, et une partie de surface de support arrière, formant un angle relativement accru par rapport au plan.
9. Trépan de forage selon la revendication 2, dans lequel les surfaces de support d'au moins certains des segments de support débordent du corps du trépan à au moins deux hauteurs différentes.
10. Trépan de forage selon la revendication 2, dans lequel les surfaces de support d'au moins certains des segments de support débordent du corps du trépan à une première hauteur, les surfaces de support d'au moins d'autres segments de support débordant du corps de trépan à une deuxième hauteur différente.
11. Trépan de forage selon la revendication 1, dans lequel le au moins un élément englobe une surface de support destinée à contacter la formation, la surface de support étant inclinée à un angle déterminé au moins en partie par une extension de la pénétration du au moins un dispositif de coupe superabrasif contrôlé par le au moins un élément et une vitesse de rotation voulue du trépan.
12. Trépan de forage selon la revendication 1, dans lequel le au moins un dispositif de coupe superabrasif comprend plusieurs dispositifs de coupe superabrasifs, le au moins un élément comprenant plusieurs éléments, chaque élément étant associé à un dispositif de coupe superabrasif et comprenant un segment arqué, les plusieurs segments arqués présentant ensemble une aire de surface suffisante, lors de l'engagement dans la formation en cas d'application d'un poids ou d'une autre charge axiale au trépan, pour empêcher un éboulement du matériau de la formation agencé au-dessous.
13. Trépan de forage selon la revendication 1, dans lequel le au moins un dispositif de coupe superabrasif comprend plusieurs dispositifs de coupe superabrasifs, le au moins un élément comprenant plusieurs éléments, chaque élément étant associé à un dispositif de coupe superabrasif et comprenant un segment arqué, les plusieurs segments arqués présentant ensemble une surface capable d'assurer une distribution suffisante du poids ou d'une autre charge axiale appliqué au trépan, de sorte à appliquer à la formation une charge unitaire inférieure à une résistance à la compression correspondante.

14. Procédé de conception d'un trépan pour le forage souterrain, comprenant les étapes ci-dessous:

détermination d'une résistance à la compression de la au moins une formation devant être forée;

5 sélection de plusieurs dispositifs de coupe superabrasifs nécessaires sur le trépan en question pour forer un trou de forage;

détermination d'un poids total ou d'une autre charge axiale appliqué au trépan pour entraîner la pénétration des plusieurs dispositifs de coupe dans la au moins une formation; et

10 détermination d'une aire de surface pour au moins un élément externe agencé sur une extrémité avant du trépan, au-dessus de laquelle sont montés les plusieurs dispositifs de coupe, pour y supporter le trépan en cas d'application d'un poids ou d'une autre charge axiale au trépan, correspondant au moins au poids total ou à une autre charge axiale appliqué au trépan, sans éboulement de la au moins une formation par suite d'un
15 dépassement de la résistance à la compression de la formation.

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel le poids ou une autre charge axiale appliqué au trépan ayant au moins la même valeur que le poids total ou une autre charge axiale appliqué au trépan comprend un poids ou une autre charge axiale plus grand que le poids total ou la charge axiale appliqué au trépan.

20 16. Procédé selon les revendications 14 ou 15, comprenant en outre les étapes de sélection d'une profondeur de coupe pour les plusieurs dispositifs de coupe et d'agencement du au moins un élément externe pour empêcher la pénétration dans la au moins une formation à une profondeur supérieure à la profondeur de coupe sélectionnée.

25 17. Procédé selon la revendication 16, comprenant en outre les étapes de détermination d'un volume maximal de déblais de la formation par unité de temps pouvant être dégagés du trépan, compte tenu d'un nombre, d'une taille, d'un agencement et d'une orientation de plusieurs buses associées au trépan et d'un débit sélectionné du fluide de forage devant être fourni au trépan lors du forage de la au moins une formation, et de
30 détermination d'une vitesse de rotation maximale requise pour produire le volume maximal de déblais de la formation par les plusieurs dispositifs de coupe en présence de la profondeur de coupe sélectionnée.

35 18. Procédé selon les revendications 14 ou 15, comprenant en outre les étapes de détermination d'un volume maximal de déblais de la formation par unité de temps pouvant être dégagés du trépan, compte tenu d'un nombre, d'une taille, d'un agencement et d'un orientation de plusieurs buses associées au trépan et d'un débit sélectionné du fluide de forage devant être fourni au trépan lors du forage de la au moins une formation, de sélection d'une vitesse de rotation, de détermination d'une profondeur de coupe requise pour produire le volume maximal des déblais de la formation par les plusieurs dispositifs de coupe à la vitesse de rotation sélectionnée et d'agencement du au moins un élément

externe pour empêcher la pénétration dans la au moins une formation à une profondeur supérieure à la profondeur de coupe sélectionnée.

19. Procédé de forage d'une formation souterraine, comprenant les étapes ci-dessous:

5 application d'un poids sélectionné pour entraîner l'engagement du au moins un dispositif de coupe d'un trépan de forage dans une formation à une profondeur de coupe sélectionnée; et

empêchement d'une pénétration ultérieure du au moins un dispositif de coupe dans la formation à une profondeur supérieure à la profondeur de coupe sélectionnée au cours de l'application d'un poids au trépan supérieur au poids sélectionné.

10 20. Procédé selon la revendication 19, comprenant en outre le maintien de la profondeur de coupe sélectionnée en cas d'application d'un poids accru au trépan par établissement d'une surface de support sur le trépan pour distribuer le poids accru appliqué au trépan de manière suffisante pour établir une charge unitaire appliquée par la surface de support à la formation inférieure à la résistance à la compression de la
15 formation.

21. Procédé selon la revendication 19, comprenant en outre l'étape de maintien de la profondeur de coupe sélectionnée lors de l'application d'un poids accru au trépan par établissement d'une surface de support sur le trépan, suffisante pour supporter le trépan sur la formation sans éboulement de celle-ci.

20 22. Procédé selon la revendication 19, comprenant en outre l'étape de maintien de la profondeur de coupe sélectionnée lors de l'application d'un poids accru au trépan par support du trépan sur la formation sans entraîner une déformation plastique substantielle correspondante.

23. Procédé de forage d'une formation souterraine, comprenant les étapes ci-dessous:

25 application d'un premier poids sélectionné pour entraîner l'engagement du au moins un dispositif de coupe d'un trépan de forage dans une première formation à une première profondeur de coupe sélectionnée;

empêchement d'une pénétration ultérieure du au moins un dispositif de coupe dans la première formation, à une profondeur supérieure à la première profondeur de coupe
30 sélectionnée lors de l'application du au moins un premier poids sélectionné;

application d'un deuxième poids sélectionné, différent du premier poids sélectionné pour entraîner l'engagement du au moins un dispositif de coupe du trépan de forage dans une deuxième formation à une deuxième profondeur de coupe sélectionnée, différente de la première profondeur de coupe sélectionnée; et

35 empêchement d'une pénétration ultérieure du au moins un dispositif de coupe dans la deuxième formation à une profondeur supérieure à la deuxième profondeur de coupe sélectionnée lors de l'application du au moins deuxième poids sélectionné.

24. Procédé selon la revendication 23, comprenant en outre les étapes ci-dessous:

2000/0528

- 26 -

empêchement d'une pénétration ultérieure du au moins un dispositif de coupe dans la première formation à une profondeur supérieure à la première profondeur de coupe sélectionnée lors de l'application d'un poids supérieur au premier poids sélectionné; et

- 5 empêchement d'une pénétration ultérieure du au moins un dispositif de coupe dans la deuxième formation à une profondeur supérieure à la deuxième profondeur de coupe sélectionnée lors de l'application du au moins deuxième poids sélectionné.

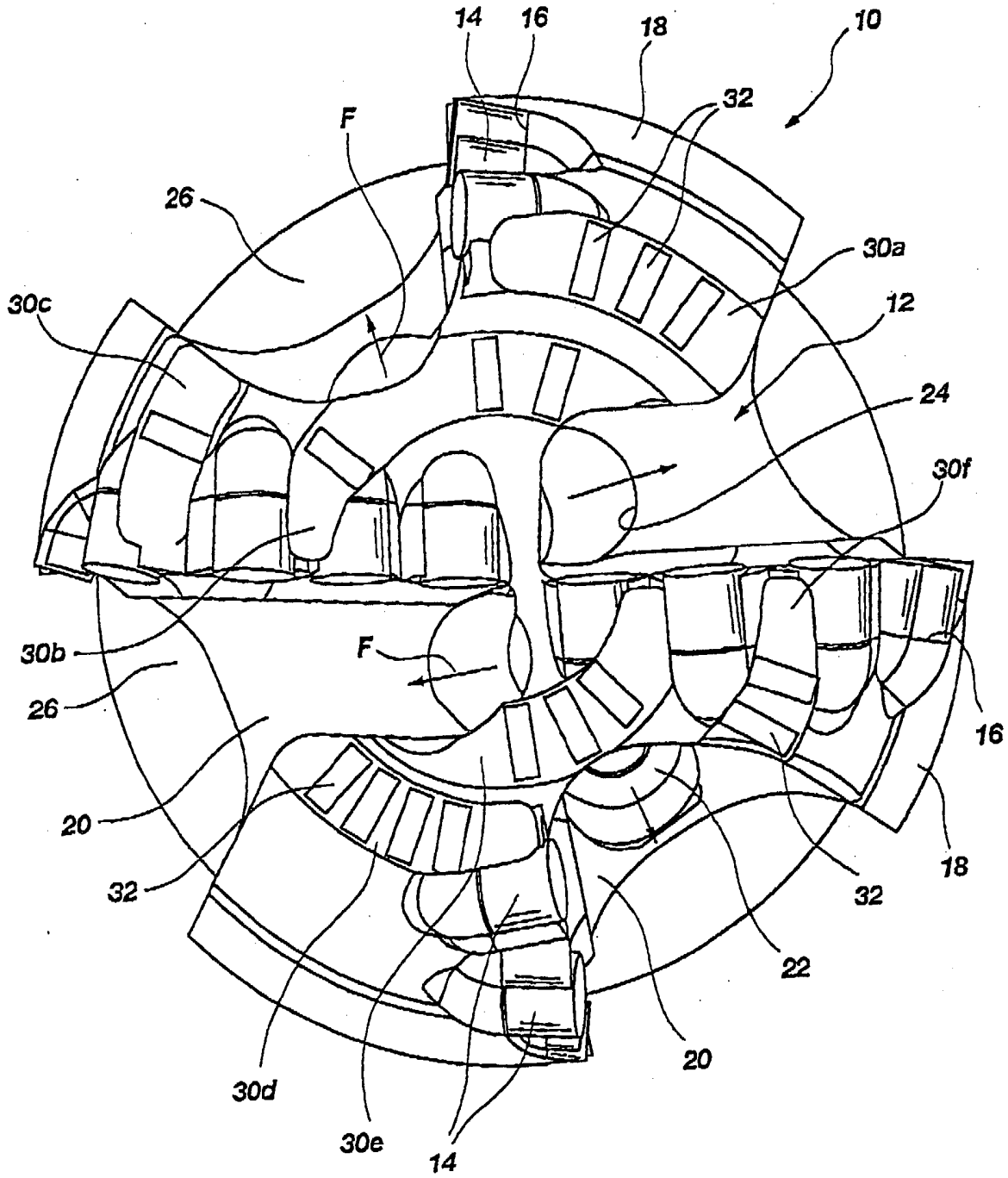


Fig. 1

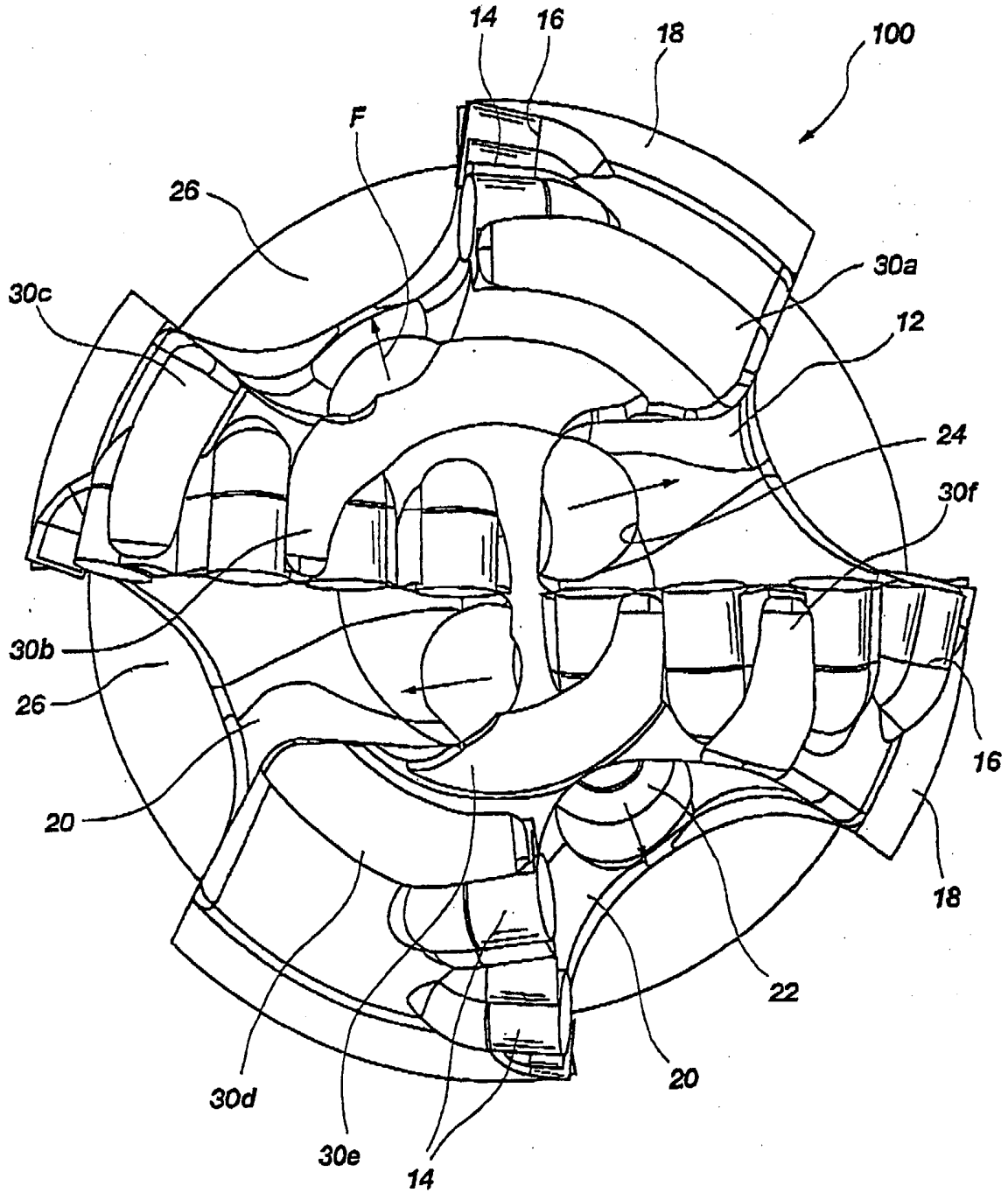


Fig. 2

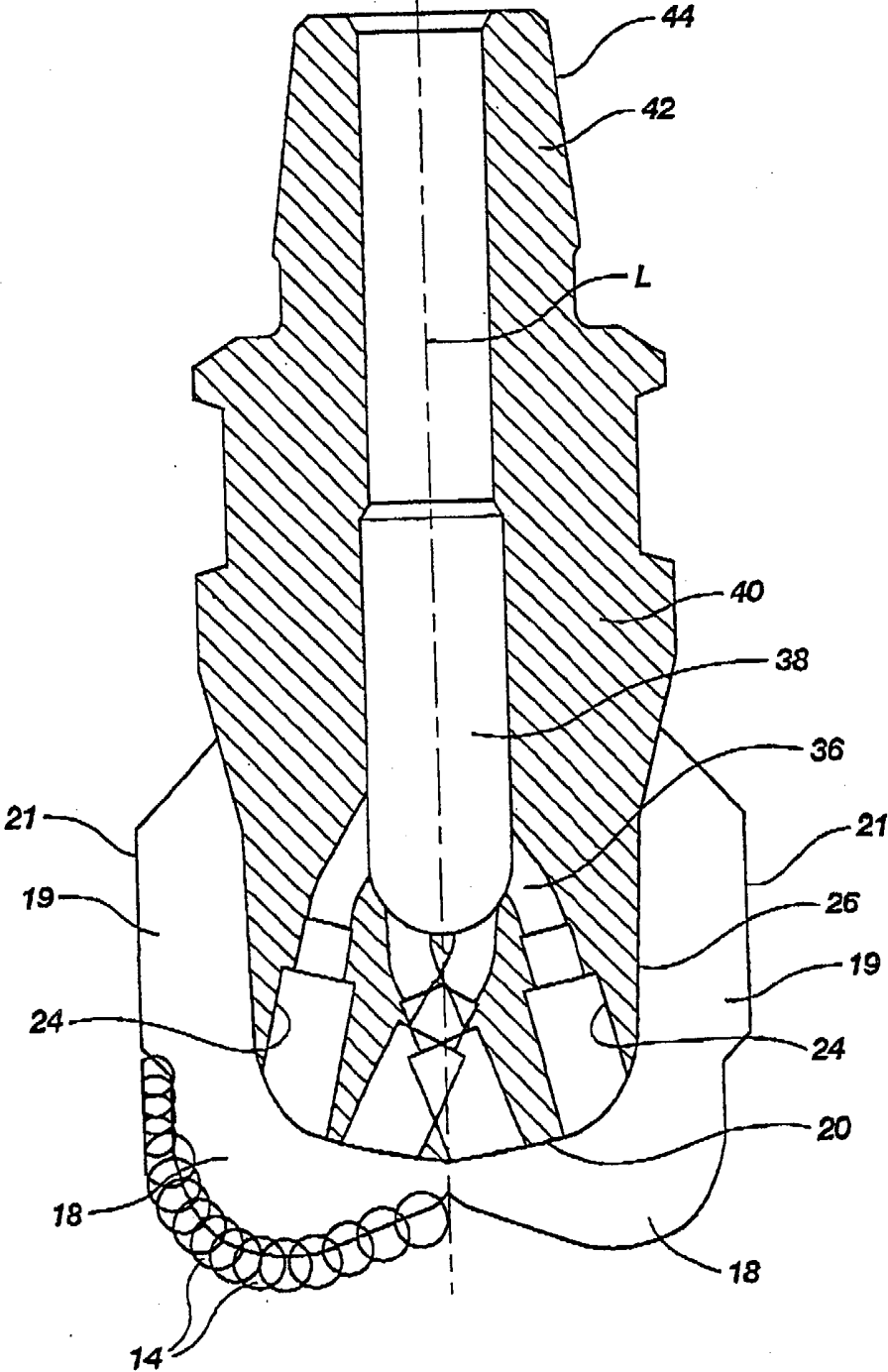


Fig. 2A

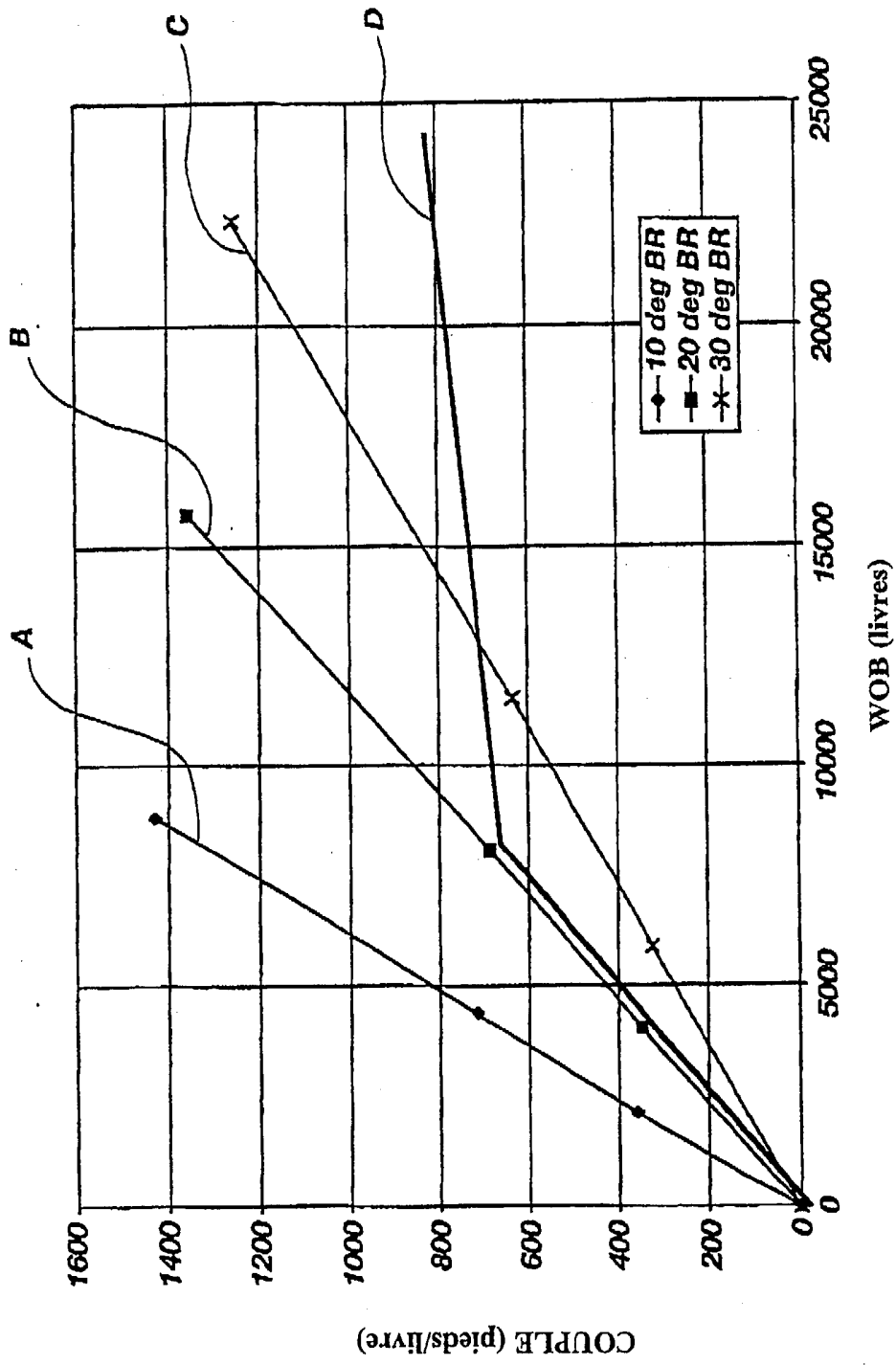


Fig. 3

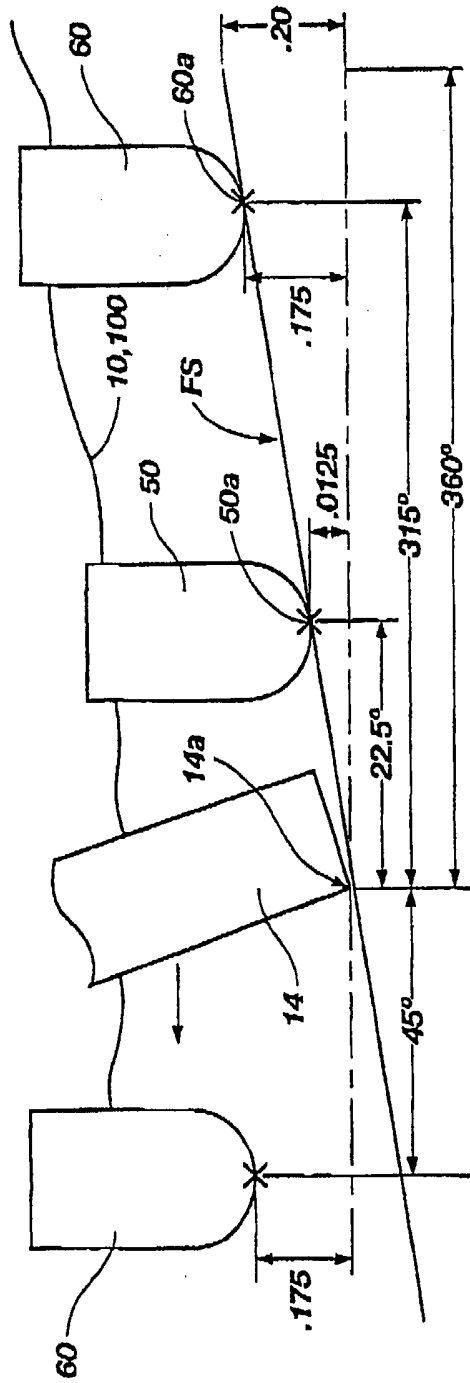


Fig. 4

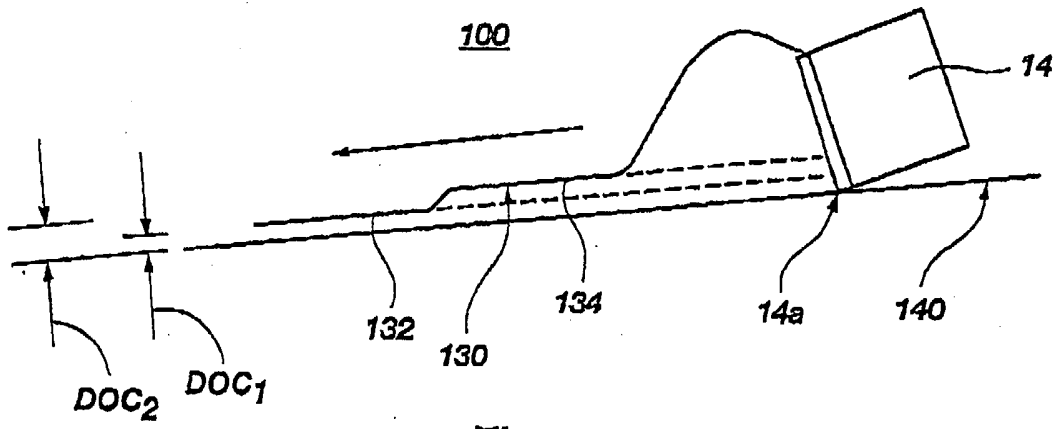


Fig. 5

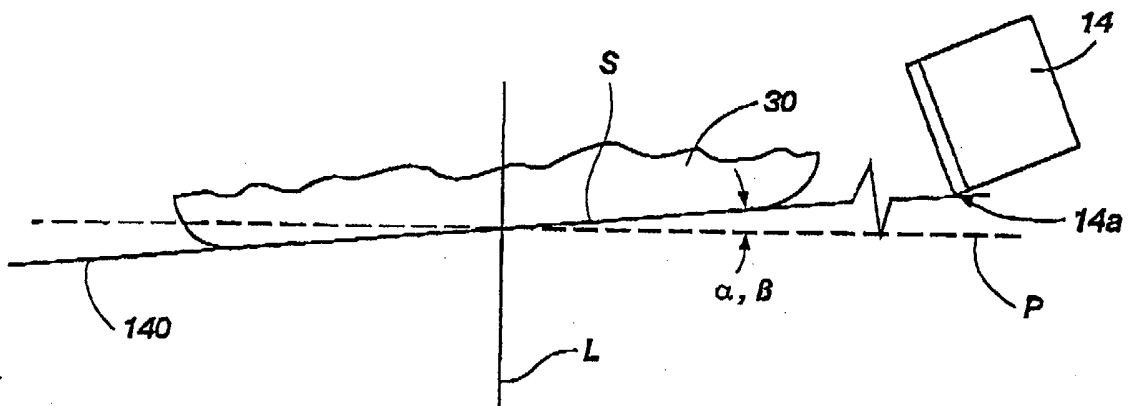


Fig. 6A

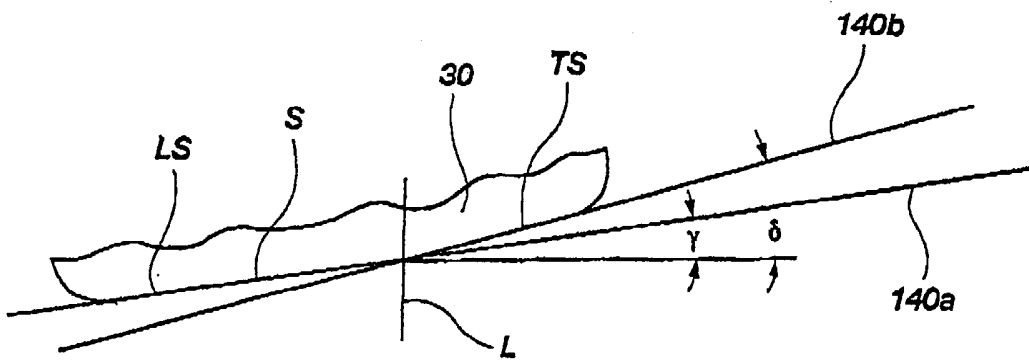
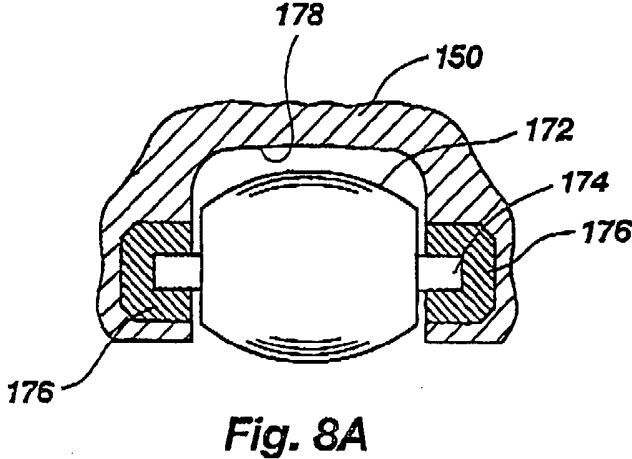
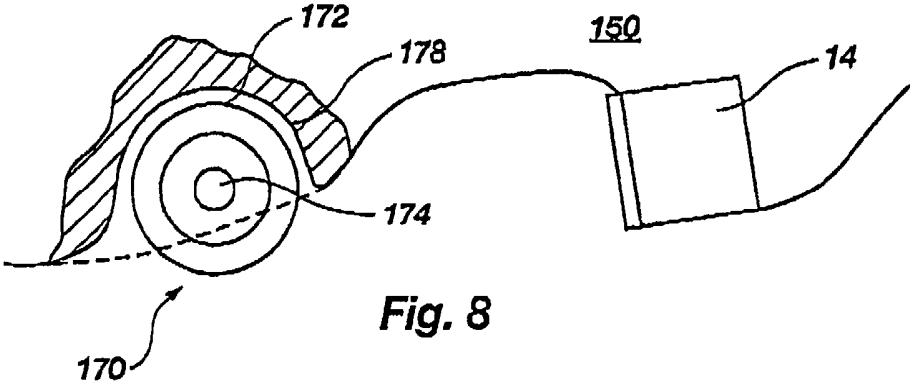
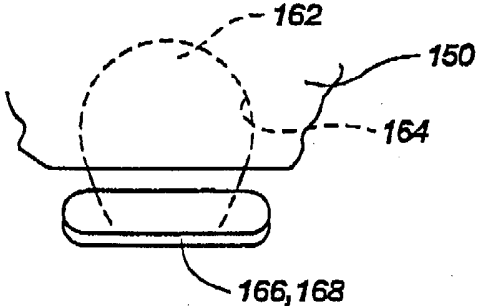
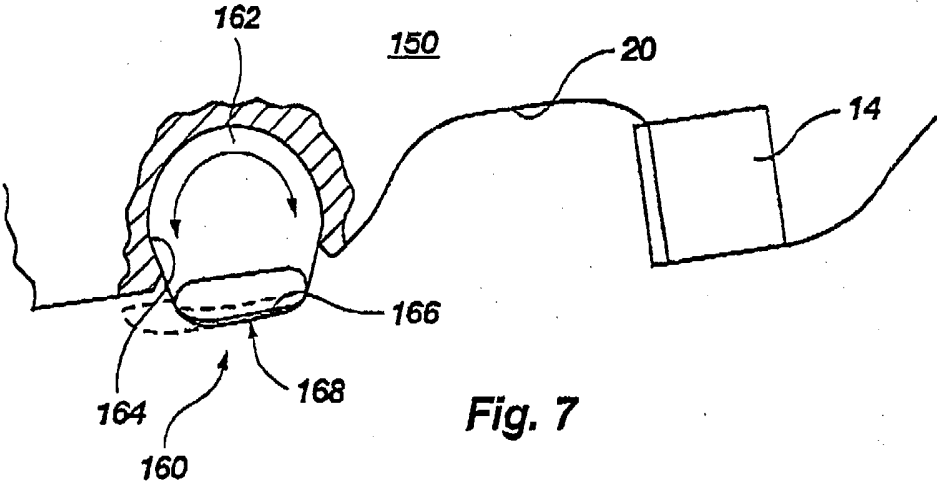


Fig. 6B



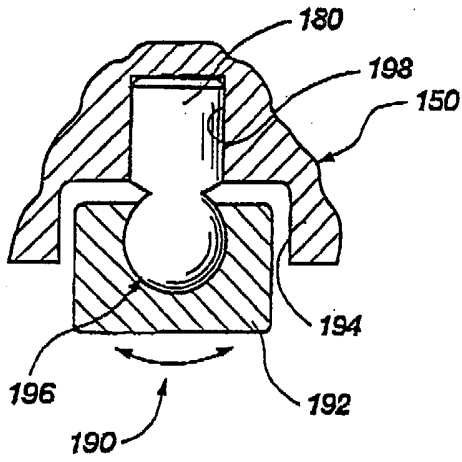


Fig. 9A

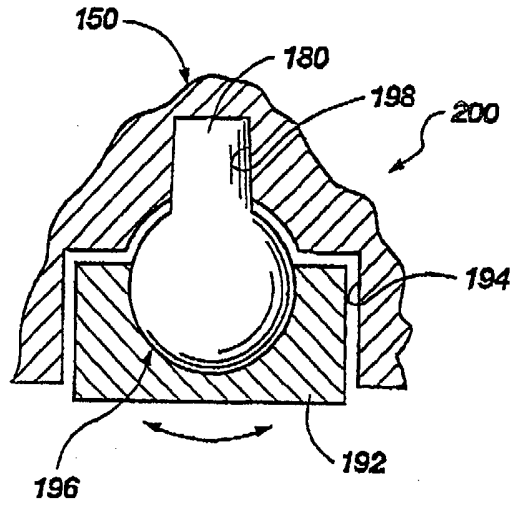


Fig. 9B

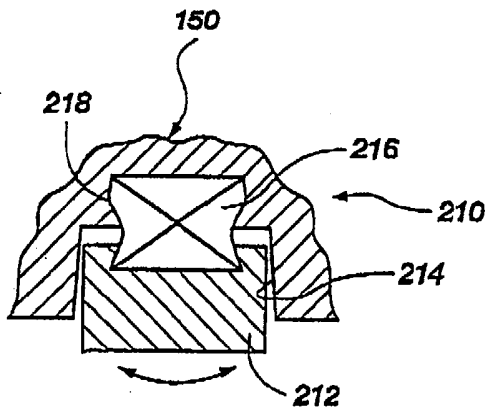


Fig. 9C

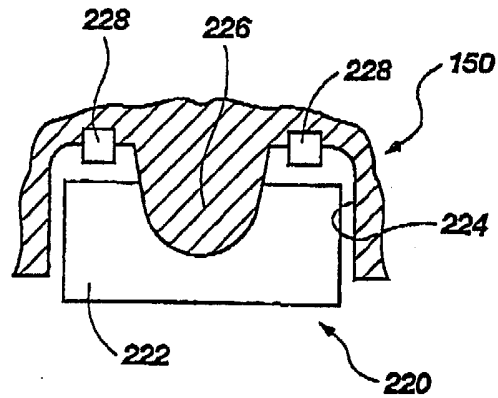


Fig. 9D

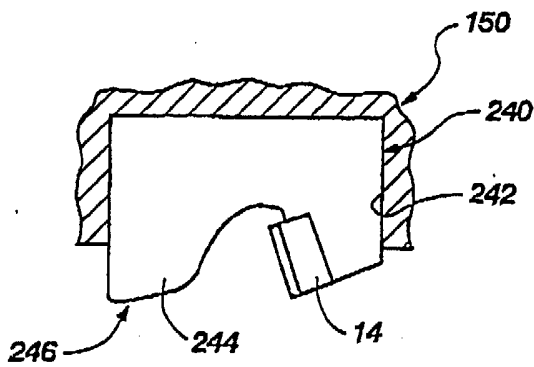


Fig. 10A

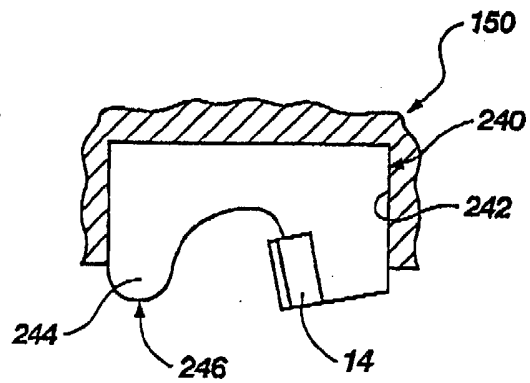


Fig. 10B

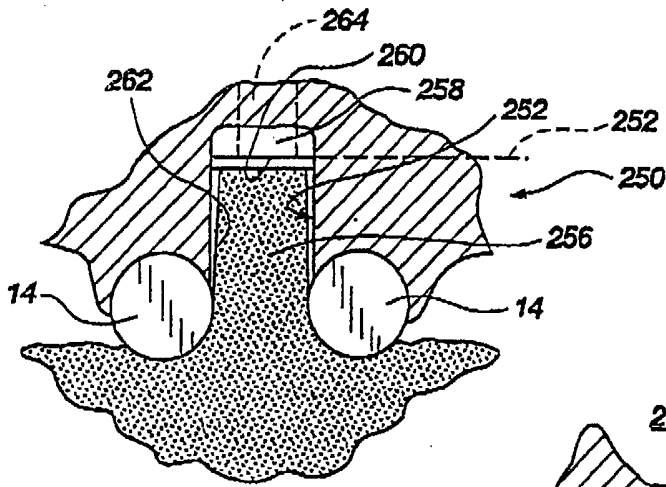


Fig. 11

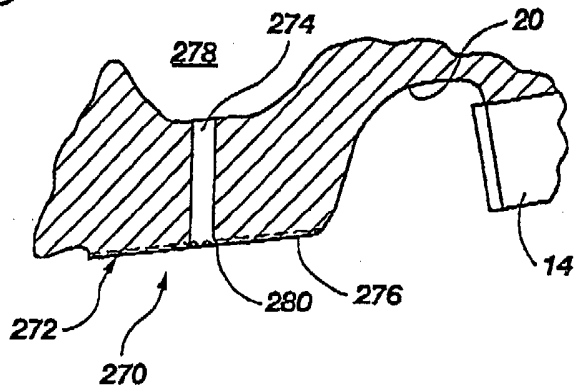


Fig. 12

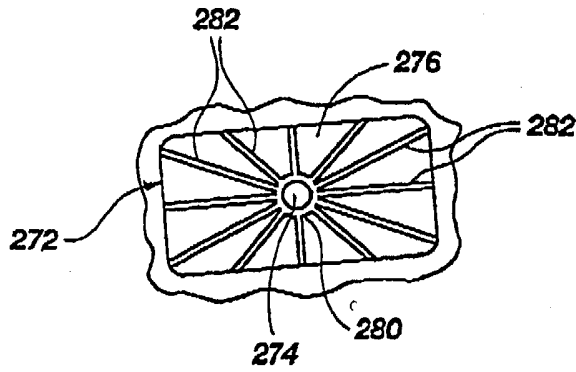


Fig. 12A

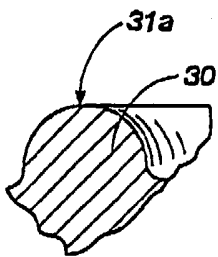


Fig. 13A

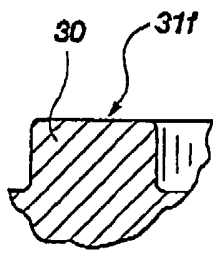


Fig. 13B

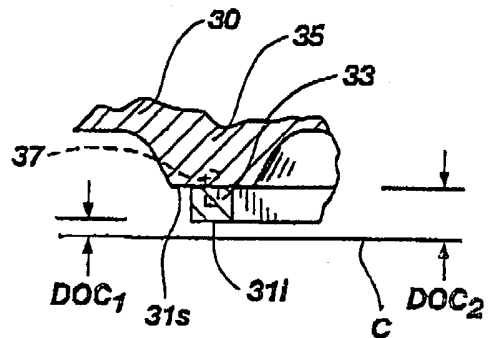


Fig. 13C

TREPANS DE FORAGE A CONTROLE DE LA CHARGE APPLIQUEE AU
DISPOSITIF DE COUPE ET DE LA PROFONDEUR DE COUPE

ABRÉGÉ

L'invention fournit un trépan rotatif à lames (10) englobant des éléments externes pour contrôler la profondeur de coupe des dispositifs de coupe (14) qui y sont montés, de sorte à contrôler le volume du matériau de la formation coupé par rotation du trépan ainsi que le couple appliqué au trépan (10) et à un assemblage de fond associé. Les éléments externes précèdent de préférence les dispositifs de coupe (14) auxquels ils sont associés, dans une direction de la rotation du trépan, et établissent une surface de support suffisante pour supporter le trépan (10) contre le fond du trou de forage lors de l'application d'un poids au trépan, sans dépasser la résistance à la compression de la roche de la formation. Les éléments externes peuvent être orientés et configurés de sorte à fonctionner de façon optimale en présence d'un taux de pénétration prévu, ou d'un intervalle de taux, avec lesquels le trépan (10) peut fonctionner, un tel taux ou des taux étant en outre optionnellement accrus au maximum dans des formations plus molles, grâce au pouvoir du trépan (10) à dégager hydrauliquement un volume maximal de déblais de la formation pour empêcher une agglutination du trépan.

FIG. 1

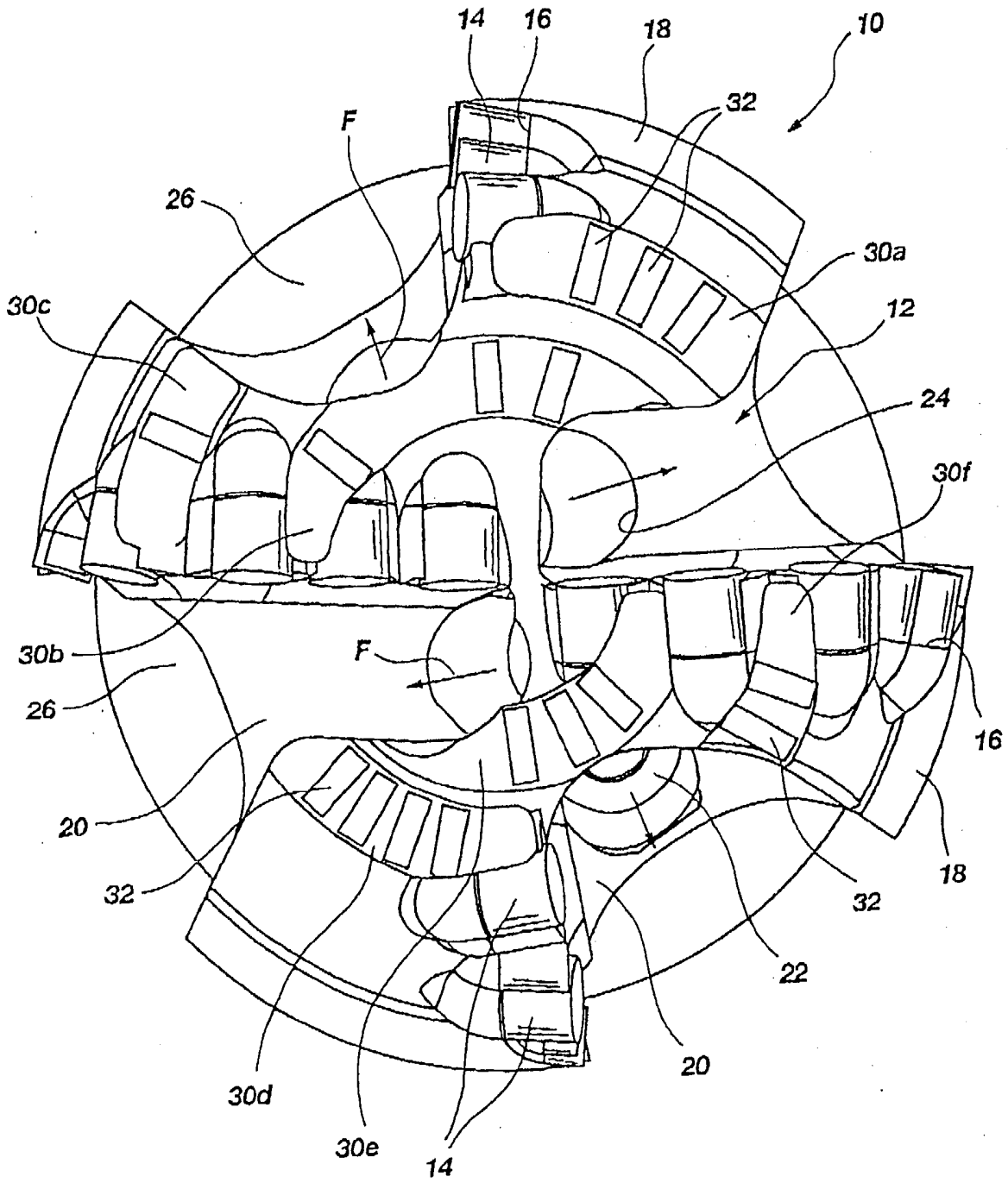


Fig. 1



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2
de la loi belge sur les brevets d'invention
du 28 mars 1984

Numero de la demande
nationale

BO 7959
BE 20000528

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)
X	EP 0 874 128 A (CAMCO INT UK LTD) 28 octobre 1998 (1998-10-28) * colonne 13, ligne 10 - ligne 37 *	1-3,9, 11-13, 19-23	E21B10/54
D,X	US 5 595 252 A (O'HANLON THOMAS A) 21 janvier 1997 (1997-01-21) * colonne 13, ligne 39 - colonne 14, ligne 8 *	1-3,12	
D,A	US 4 554 986 A (JONES KENNETH W) 26 novembre 1985 (1985-11-26) * colonne 5, ligne 18 - ligne 41 *	1-24	
A	GB 2 329 203 A (BAKER HUGHES INC) 17 mars 1999 (1999-03-17) * page 1, ligne 30 - page 2, ligne 11 * * page 4, ligne 20 - ligne 29; figures 1,2 *	1-24	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 août 2001		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	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C48)

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

BO 7959
BE 20000528

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.

14-08-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0874128 A	28-10-1998	GB 2325681 A, B US 6142250 A	02-12-1998 07-11-2000
US 5595252 A	21-01-1997	AU 3404495 A EP 0784732 A WO 9603567 A	22-02-1996 23-07-1997 08-02-1996
US 4554986 A	26-11-1985	AUCUN	
GB 2329203 A	17-03-1999	US 6230828 B BE 1012752 A IT T0980754 A	15-05-2001 06-03-2001 08-03-2000