

ROYAUME DE BELGIQUE

SPF ECONOMIE, P.M.E.,
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

Office de la Propriété intellectuelle

NUMERO DE PUBLICATION : 1016760A3

NUMERO DE DEPOT : 2005/0435

Classif. Internat. : E12B

Date de délivrance le : 05 Juin 2007

Le Ministre de l'Economie,

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

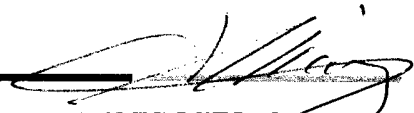
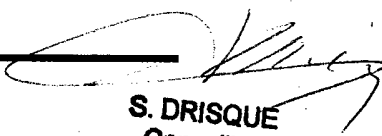
Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

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 09 Septembre 2005 à 14H05 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

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 : GEVERS François, GEVERS & VANDER HAEGHEN, Holidaystraat 5, -
B 1831 DIEGEM.un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes
annuelles, pour : TREPANS ROTATIFS COMPRENANT AU MOINS UN ELEMENT S'ETENDANT DE
MANIERE SENSIBLEMENT HELICOIDALE, LEURS PROCEDES DE FONCTIONNEMENT ET CONCEPTION.INVENTEUR(S) : Brackin Van J., Shiloh Park 332, Conroe, Texas 77302 (US); Miller Brian
E. Lightwood Trace 37, The Woodlands, Texas 77382 (US); George Mathews, Ludgate Pass
13743, Houston, Texas 77034 (US)

PRIORITE(S) 09.09.04 US USA10938424

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 05 Juin 2007
PAR DELEGATION SPECIALE :
DRISQUE S.
Conseiller
S. DRISQUE
Conseiller**.be**

**« Trépans rotatifs comprenant au moins un élément s'étendant de
manière sensiblement hélicoïdale, leurs procédés de
fonctionnement et conception »**

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne des trépans rotatifs et leur fonctionnement et, de manière plus spécifique, la conception de ces trépans rotatifs pour une performance optimale dans le contexte du contrôle ou du maintien de la stabilité (p. ex. réduction des vibrations) en service.

10 ART ANTERIEUR

 Les trépans rotatifs utilisant des éléments de coupe comme des taillants polycristallins compacts (PDC) sont employés depuis plusieurs décennies. Les taillants PDC comprennent de manière typique une table diamantée en forme de disque formée sur un substrat de support et collée (sous pression ultra élevée, dans des conditions de
15 température ultra élevées) à ce substrat de support tel qu'un substrat comprenant du carbure de tungstène cimenté, bien que d'autres configurations soient connues dans la technique. Les trépans rotatifs portant des taillants PDC, connus aussi sous la dénomination de trépans
20 à lames à « taillants fixes », se sont avérés très efficaces pour arriver à des taux de pénétration élevés lors du forage de formations souterraines présentant des résistances à la compression faibles à moyennes. Des améliorations de la stabilité des trépans rotatifs, basées sur la

conception des éléments de coupe, le placement des éléments de coupe et l'analyse de la force des éléments de coupe, ont réduit les tendances antérieures notables de ces trépan à vibrer de manière délétère, ce qui est aussi connu sous le nom de « mouvement tourbillonnant ».

5 Par exemple, des structures de forage dites « anti-tourbillon » sont divulguées dans le brevet US n° 5,402,856 délivré à Warren et al., qui affirme qu'une surface d'appui alignée avec une force radiale résultante générée par un élargisseur anti-tourbillon doit être dimensionnée de telle manière que la force par unité de surface
10 appliquée à la paroi latérale du trou n'excédera pas la résistance à la compression de la formation en cours d'élargissement. Voir également les brevets US n^{os} 4,982,802 délivré à Warren et al., 5,010,789 délivré à Brett et al., 5,042,596 délivré à Brett et al., 5,111,892 délivré à Sinor et al. et 5,131,478 délivré à Brett et al.

15 Même au vu de ces améliorations, les éléments de coupe, en particulier les taillants PDC, peuvent encore souffrir généralement d'une surcharge due à une profondeur de coupe relativement grande ou à l'instabilité du trépan rotatif. Par exemple, le fait de forer dans des formations souterraines ayant une faible résistance à la compression
20 peut permettre d'arriver à une profondeur de coupe indûment grande avec un poids sur l'outil extrêmement faible. En outre, un endommagement de l'élément de coupe peut survenir si le trépan rotatif avançant à une profondeur de coupe indûment grande rencontre une formation souterraine plus dure ou rencontre soudain des poches ou
25 structures dures connues sous le nom de « filonnets ». Le problème peut aussi être aggravé par ce que l'on appelle le « rebond du train », l'élasticité du train de tiges pouvant être à l'origine d'une application erratique du poids sur le trépan avec pour conséquence une surcharge. De plus, les taillants PDC fonctionnant à une profondeur de coupe
30 excessivement élevée peuvent générer une quantité de déblais de forage plus grande que celle qui peut être évacuée de manière consistante de la face de l'outil et par les fentes à déchets, se soldant

par une agglutination des déblais dans l'outil de forage, comme cela est connu dans la technique.

Un autre problème distinct implique le forage à partir d'une zone ou d'une strate ayant une résistance à la compression plus élevée
5 vers une zone à résistance plus faible. Quand le trépan fore dans la formation plus meuble sans changer le poids appliqué sur l'outil (ou avant que le poids appliqué sur l'outil puisse être changé par le foreur dirigeant le forage), la pénétration des taillants PDC et donc le couple qui en résulte sur le trépan, augmentent de manière presque instantanée et
10 dans une mesure considérable. Le couple qui augmente abruptement peut, à son tour, provoquer des dommages aux taillants. Dans un forage dirigé, un tel changement peut amener l'orientation de la face de l'outil de l'assemblage dirigé (outil de mesure en cours de forage ou indicateur d'orientation) à fluctuer, rendant plus difficile pour un foreur qui dirige le
15 forage de suivre un trajet dirigé prévu pour le trépan et nécessitant la remise en position de la face de l'outil. De plus, un moteur de fond de trou, tel que des moteurs Moineau actionnés par du fluide de forage couramment employés dans les opérations de forage dirigé en combinaison avec un assemblage de fond de trou orientable, peut caler
20 totalement sous une augmentation soudaine du couple, stoppant l'opération de forage et nécessitant à nouveau le rétablissement du flux de fluide de forage et de la puissance du moteur.

De nombreuses tentatives utilisant diverses approches ont été faites au cours des années pour protéger l'intégrité d'un élément de
25 coupe tel qu'un taillant PDC et sa structure de montage et pour limiter la pénétration des éléments de coupe dans une formation en cours de forage. Par exemple, le brevet US n° 3,709,308 délivré à Rowley et al., datant d'une période précédant l'avènement de l'utilisation commerciale des taillants PDC, divulgue l'emploi de diamants naturels ronds
30 auxiliaires sur le corps du trépan pour limiter la pénétration des diamants cubiques employés pour tailler une formation. Le brevet US n° 4,351,401 délivré à Fielder divulgue l'utilisation de diamants naturels sertis en

surface sur le calibre du trépan ou à proximité de celui-ci servant de limiteurs de pénétration pour contrôler la profondeur de coupe de taillants PDC sur la face du trépan. D'autres brevets divulguent l'utilisation de diverses structures faisant immédiatement suite aux
5 taillants PDC (par rapport au sens de rotation du trépan) pour protéger les taillants ou leurs structures de montage : brevets US n^{os} 4,889,017 délivré à Fuller et al., 4,991,670 délivré à Fuller et al., 5,244,039 délivré à Newton, Jr., et al., et 5,303,785 délivré à Duke. De plus, le brevet US n^o 5,314,033 délivré à Tibbitts, cédé au cessionnaire de la présente
10 invention, divulgue, entre autres, l'utilisation de taillants à angle de dégagement arrière positif et négatif ou neutre qui coopèrent pour limiter la pénétration des taillants à angle de dégagement positif dans la formation. Une autre approche pour limiter la pénétration des éléments de coupe consiste à employer sur le corps du trépan des structures ou
15 des éléments qui précèdent les taillants PDC dans le sens de rotation (au lieu de leur faire suite), comme divulgué dans les brevets US n^{os} 3,153,458 délivré à Short, 4,554,986 délivré à Jones, 5,199,511 délivré à Tibbitts et al., et 5,595,252 délivré à O'Hanlon.

Le brevet US n^o 6,298,930 délivré à Sinor et al. et le brevet
20 US n^o 6,460,631 délivré à Dykstra et al., cédés au cessionnaire de la présente invention, concernent respectivement des conceptions de trépan comprenant des éléments de contrôle de la profondeur de coupe qui peuvent précéder dans le sens de rotation au moins certains des taillants PDC sur la face du trépan sur laquelle le trépan peut porter
25 pendant que les taillants PDC du trépan sont en prise avec la formation jusqu'à leur profondeur de coupe nominale. En d'autres termes, la distance annulaire ou l'exposition du taillant peut être sensiblement contrôlée par les éléments de contrôle de la profondeur de coupe, et ce contrôle peut permettre une profondeur de coupe relativement plus
30 grande (et donc une vitesse d'avancement pour une vitesse de rotation donnée du trépan) qu'avec une conception conventionnelle du trépan. Les éléments de contrôle de la profondeur de coupe peuvent notamment

exclure une profondeur de coupe plus grande que celle conçue en distribuant la charge attribuable au poids sur l'outil sur une aire de surface suffisante sur la face du trépan, les lames ou une autre structure du corps du trépan en contact avec la face non coupée de la formation

5 au fond du trou de sorte que la résistance de la formation à la compression ne dépassera pas les éléments de contrôle de la profondeur de coupe. Il s'ensuit que le trépan n'incise pas sensiblement, ou ne fracture pas, la roche de la formation et permet une pénétration des taillants plus grande que prévue et une augmentation consécutive de

10 la charge et du couple des taillants.

Le brevet US n° 6,659,199 délivré à Swadi, cédé au cessionnaire de la présente invention, concerne un trépan à lames portant des taillants PDC et des éléments de support allongés associés à au moins certains des taillants PDC sur la face du trépan. Le

15 positionnement latéral et le positionnement angulaire des éléments de support allongés sont ajustés de telle manière que toutes les parties d'un élément de support allongé avancent sensiblement complètement dans un volume de dépouille tubulaire défini par le trajet à travers la formation qui est foré par un taillant PDC avec lequel cet élément de support

20 allongé est associé, le taillant PDC associé étant positionné environ au même rayon par rapport à la ligne centrale du trépan que l'élément de support allongé.

Bien que certains des brevets susmentionnés reconnaissent qu'il est souhaitable de limiter la pénétration des taillants

25 ou la profondeur de coupe, d'autres brevets mettent l'accent sur les approches axées sur la stabilité pour limiter les forces appliquées sur les éléments de coupe portés par le trépan rotatif, les approches divulguées de cette nature sont quelque peu isolées et ne s'adaptent pas ou ne mettent pas en œuvre une approche intégrée visant tant à améliorer la

30 stabilité qu'à limiter le taux de pénétration ou la profondeur de coupe.

DIVULGATION DE L'INVENTION

La présente invention concerne un trépan rotatif pour forage souterrain. Plus particulièrement, un trépan rotatif selon la présente invention peut comprendre un corps de trépan ayant une extrémité antérieure destinée à entrer en contact avec une formation pendant le forage et une extrémité postérieure ayant une structure de connexion y associée pour connecter le trépan rotatif à un train de tiges de forage. Au moins un élément de coupe peut être fixé à l'extrémité antérieure du trépan rotatif et peut être configuré pour former une surface distincte de trou de forage en réponse à un engagement de forage dans une formation souterraine. Au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut également être formé sur l'extrémité antérieure associée avec ledit au moins un élément de coupe et faire suite dans le sens de la rotation audit au moins un élément de coupe. Ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être structuré pour entrer en contact avec au moins une partie de la surface distincte du trou de forage générée par ledit au moins un élément de coupe tout en s'engageant dans une formation souterraine le long d'un trajet hélicoïdal choisi prédéterminé. Par ailleurs, dans une autre forme de réalisation de la présente invention, un trépan rotatif peut comprendre une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale.

Un autre aspect de la présente invention concerne un procédé de fonctionnement d'un trépan rotatif pour forage souterrain. De manière spécifique, on peut prévoir un trépan rotatif ayant au moins un élément de coupe, un axe longitudinal et au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale associé audit au moins un élément de coupe. De plus, une formation terrestre peut être forée avec le trépan rotatif pour former un trou de forage ayant une configuration de fond de trou centrée dans la formation souterraine. Ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut aussi entrer au moins partiellement en contact avec la configuration de fond de trou

centrée en réponse à une déviation latérale de l'axe longitudinal du trépan rotatif.

Un autre aspect encore de la présente invention concerne un procédé de fonctionnement d'un trépan rotatif pour forage souterrain.

5 En particulier, on peut prévoir un trépan rotatif ayant un axe longitudinal et au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale ayant un pas d'hélice choisi. De plus, une formation souterraine peut être forée avec le trépan rotatif pour former un trou de forage dans la formation souterraine et ledit au moins un élément s'étendant de manière
10 sensiblement hélicoïdale peut entrer en contact avec la formation souterraine en réponse au trépan présentant sensiblement le pas d'hélice choisi.

Il faut aussi comprendre que les avantages de la présente invention concernent un procédé de conception d'un trépan rotatif pour
15 forage souterrain. Conformément à la présente invention, une pluralité d'éléments de coupe peuvent être choisis et positionnés sur le trépan rotatif conçu pour forer un trou de forage. En outre, au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale faisant suite dans le sens de rotation et associé respectivement à au moins un de la pluralité
20 d'éléments de coupe peut être chaque fois choisi. De plus, ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut présenter un pas d'hélice maximal choisi.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Les avantages susmentionnés et d'autres avantages de la
25 présente invention deviendront évident en passant en revue la description détaillée et les dessins suivants qui illustrent diverses formes de réalisation de l'invention et qui sont uniquement des représentations et ne sont pas nécessairement dessinés à l'échelle, dans lesquels :

la figure 1A montre une vue en perspective d'un trépan
30 selon la présente invention,

la figure 1B montre une vue en élévation du dessous du trépan rotatif représenté sur la figure 1A,

la figure 1C montre une vue schématique de côté en coupe transversale du trépan rotatif représenté sur les figures 1A et 1B, dans laquelle tous les éléments de coupe ont été tournés vers le plan de visionnement,

5 la figure 1D montre une vue en perspective d'un élément de coupe effectuant un trajet hélicoïdal tout en coupant une formation souterraine,

la figure 2A montre une vue partielle agrandie en élévation du dessous d'une forme de réalisation d'une région d'engagement avec
10 la surface du trou de forage selon la présente invention,

la figure 2B montre une vue schématique d'une enveloppe de coupe et d'un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, prise transversalement par rapport à un trajet sensiblement hélicoïdal de l'élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale,

15 la figure 3A montre une vue partielle agrandie en élévation du dessous d'une autre forme de réalisation d'une région d'engagement avec la surface du trou de forage selon la présente invention,

la figure 3B montre une vue partielle agrandie en perspective de la région d'engagement avec la surface du trou de forage
20 représentée sur la figure 3A, et

la figure 4 montre une vue schématique partielle en élévation du dessous d'un trépan rotatif selon la présente invention.

MEILLEUR(S) MOYEN(S) DE METTRE EN ŒUVRE L'INVENTION

De manière générale, les dessins sont simplement des
25 représentations employées pour décrire le processus de l'invention plus clairement et plus complètement que cela ne serait possible autrement. Les formes de réalisation particulières décrites ci-dessous sont destinées à tous égards à servir d'illustrations plutôt qu'à limiter l'invention et peuvent être incorporées dans un trépan rotatif dans une variété de
30 combinaisons. Par conséquent, d'autres formes de réalisations deviendront évidentes pour ceux qui sont normalement versés dans la technique dont relève la présente invention sans sortir de son cadre.

Nous décrivons un trépan rotatif 10 selon la présente invention en nous référant aux figures 1A – 1C. La figure 1A des dessins montre en particulier une vue en perspective d'un trépan rotatif 10 selon la présente invention, orienté généralement comme il le serait en service
5 pour forer une formation souterraine. Selon la présente invention, le trépan rotatif 10 comprend de manière générale une région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage comprenant au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale (non représenté) dont des aspects sont discutés de manière plus détaillée ci-
10 dessous. Telle qu'utilisée ici, l'expression « s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale » signifie s'étendant au moins généralement le long d'un trajet hélicoïdal ou correspondant généralement à un trajet hélicoïdal et englobe s'étendant identiquement le long d'un trajet hélicoïdal ou correspondant identiquement à un trajet hélicoïdal.

15 Le trépan rotatif 10 peut comprendre une pluralité de lames 18 faisant généralement saillie du corps 40 du trépan. Plus particulièrement, chacune de la pluralité de lames 18 peut s'étendre de manière généralement radiale vers l'extérieur (par rapport à l'axe longitudinal L représenté sur la figure 1C) sur l'extrémité antérieure ou la
20 face 12 du trépan rotatif 10. Les tampons 19 du calibre comprennent respectivement des extensions des lames s'étendant vers le haut et peuvent avoir des inserts ou des revêtements résistant à l'usure formant au moins une partie de chaque surface radialement extérieure de celles-ci, comme cela est connu dans la technique. En outre, chacune de la
25 pluralité de lames 18 peut comprendre des poches 16 pour élément de coupe dans lesquelles des éléments de coupe (par exemple des taillants PDC) peuvent être fixés, par exemple par brasage, comme cela est connu dans la technique pour ce qui est de la fabrication de trépans rotatifs du type à taillants fixes. Par ailleurs, les éléments de coupe 14
30 peuvent être fixés à des lames 18 du trépan rotatif par soudage, fixation mécanique ou tout autre moyen connu dans la technique.

Par exemple, un type de trépan à taillants fixes comprend un trépan de type matrice comprenant une masse de poudre résistant à l'abrasion, telle que du carbure de tungstène, infiltrée avec un liant fondu, pouvant être durci par la suite, tel qu'un alliage à base de cuivre.

5 Mais la présente invention n'est pas limitée aux trépan de type matrice et d'autres trépan rotatifs à taillants fixes, tels que des trépan à corps en acier et des trépan rotatifs d'autre fabrication peuvent aussi être configurés conformément à la présente invention.

De plus, bien que les figures 1A – C illustrent un trépan
10 rotatif 10 à taillants fixes comprenant une pluralité d'éléments de coupe 14 sensiblement cylindriques (p. ex. des éléments de coupe PDC), la présente invention n'y est pas limitée. Au contraire, de manière générale, un trépan rotatif selon la présente invention peut comprendre d'autres éléments de coupe ou des éléments de coupe différents tels que, par
15 exemple, des structures de coupe imprégnées, des structures appelées BALLASET® ou structures de coupe synthétiques diamantées thermiquement stables ou des mélanges de structures de coupe (par exemple, des taillants PDC, des structures de coupe imprégnées, des structures de coupe diamantées thermiquement stables, etc.). Comme
20 cela sera discuté de manière plus détaillée ci-dessous, la présente invention peut concerner de manière générale tout élément ou structure de coupe configuré pour créer une surface (coupée) distincte d'une formation souterraine en réponse à un engagement de coupe dans celle-ci.

25 De manière plus détaillée, la figure 1B des dessins montre le trépan rotatif 10 représenté sur la figure 1A des dessins, en regardant vers le haut en direction de sa face 12 comme si le spectateur était positionné au fond d'un trou de forage. Le trépan rotatif 10 comprend trois lames 18 qui s'étendent radialement vers l'intérieur en partant à
30 proximité des tampons 19 de calibre pour s'arrêter dans une position radiale intermédiaire, tandis que les six autres lames 18 s'étendent radialement vers l'intérieur en partant à proximité des tampons 19 de

calibre pour s'arrêter dans une position radiale à proximité de l'axe longitudinal L. De plus, les lames qui s'étendent à proximité les unes des autres (près de l'axe longitudinal L ou positionnées autrement) peuvent être pontées circonférentiellement ou reliées autrement les unes aux autres dans la région 62 d'engagement avec la surface du trou de forage. Une telle configuration peut fournir une zone ou un espace disponible accru pour former au moins un élément (non représenté) s'étendant de manière hélicoïdale. Chacune des lames 28 peut également comprendre un ou plusieurs éléments d'appui 17 positionnés pour piloter dans le sens de rotation un élément de coupe associé 14.

Par exemple, chacun desdits un ou plusieurs éléments d'appui 17 peut comprendre une structure limitant la profondeur de coupe, des éléments de contrôle de la profondeur de coupe ou d'autres structures pilotes d'engagement dans la formation connues dans la technique, telles que celles divulguées par le brevet US n° 6,298,930 délivré à Sinor et al. ou le brevet US n° 6,460,631 délivré à Dykstra et al. Par ailleurs, chacun desdits un ou plusieurs éléments d'appui 17 peut comprendre un élément d'appui suivant dans le sens de rotation comme divulgué dans le brevet US n° 6,659,199 délivré à Swadi.

En service, le trépan rotatif 10 peut être fixé à un train de tiges de forage (non représenté) au moyen de la surface fileté 44 du corps 42, mis en rotation autour de l'axe longitudinal L dans le sens 9 et peut effectuer une translation le long de la direction de l'axe longitudinal L dans une formation souterraine (non représentée), comme cela est connu dans la technique. Dans le même temps, du fluide de forage F (représenté par rapport à trois duses 24 seulement, pour des raisons de clarté) peut être s'écouler à travers le collecteur central 38 (figure 1C) depuis l'intérieur du trépan rotatif 10, à travers le corps 40 du trépan, les passages 36 (figures 1C) et les duses 24 jusqu'à la face 12 du trépan rotatif 10, en se déplaçant le long de cours de fluide 20 dans des fentes à déblais 26 et enfin vers le haut dans l'espace annulaire formé entre le train de tiges de forage et un trou de forage formé par le trépan rotatif 10

pendant le forage. Donc, quand une formation souterraine est attaquée et coupée, les déblais de formation peuvent être balayés des éléments de coupe 14 par le fluide de forage F émanant des duses 24, se déplaçant de manière généralement radiale vers l'extérieur à travers des
5 cours de fluide 20 et puis vers le haut à travers des fentes à déblais 26 et dans un espace annulaire entre le train de tiges de forage auquel le trépan rotatif 10 est suspendu et vers la surface de la formation souterraine.

La figure 1C des dessins montre une vue partielle de côté
10 en coupe transversale comprenant une vue dite « théorique » des éléments de coupe 14 positionnés sur le trépan rotatif 10 comme le montre la figure 1A. Comme cela est bien connu dans la technique et comme le montre la figure 1C, le trépan rotatif 10 peut comprendre une région 50 dite en cône inversé qui fait référence de manière générale à
15 une indentation formée dans la face 12 du trépan rotatif 10 à proximité de l'axe longitudinal L dans une direction généralement opposée à la direction de forage. La région en cône inversé peut être profilée de manière générale, comme le montre la figure 1F, comme une indentation généralement conique ou arquée qui peut être de préférence
20 sensiblement centrée ou symétrique par rapport à l'axe longitudinal L.

Comme mentionné ci-dessus et discuté ci-dessous, conformément à la présente invention, la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage peut, de préférence, être positionnée dans la région 50 en cône inversé et peut comprendre au moins un élément 60
25 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale (figure 2A) positionné sur une partie des lames 18 dans la région 50 en cône inversé. Mais, la présente invention n'est pas limitée à cela; c'est pourquoi de manière générale, un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale conformément à la présente invention peut être positionné sur un trépan
30 rotatif comme on le veut et sans limitation.

À titre de données de base pour comprendre la géométrie d'un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale de la

présente invention, des aspects du mouvement du trépan rotatif seront décrits comme suit. Comme cela est connu dans la technique, un élément de coupe positionné sur un trépan rotatif chemine le long d'un trajet sensiblement hélicoïdal pendant une opération de forage. Le pas
5 d'hélice, en termes de distance (par exemple pouces, centimètres, etc.) de pénétration d'un trépan rotatif dans une formation souterraine en cours de forage pour chaque révolution du trépan rotatif, peut être caractérisé par l'équation suivante :

10
$$\text{Pas d'hélice} = \frac{ROP}{RPM}$$

où

ROP (vitesse d'avancement) est donnée en unités de distance par minute (par exemple, pieds, pouces ou centimètres par minute), RPM (révolutions par minute) est donné en unités de tours par minute, et
15 le pas d'hélice est donné en unités de distance par tour (par exemple, pieds, pouces ou centimètres par révolution)

Bien entendu, un ou plusieurs facteurs de conversion peuvent être employés dans l'équation ci-dessus pour calculer le pas d'hélice.

20 Quand on applique l'équation ci-dessus au trépan rotatif 10, il faut savoir que le pas d'hélice est égal à l'ampleur du déplacement longitudinal (dans une formation souterraine) que chacun des éléments de coupe 14 sur le trépan rotatif effectuera pendant un seul tour de celui-ci à une vitesse d'avancement et à un nombre de tours par minute
25 (constants) donnés. Mais, comme le comprendront et s'en rendront compte ceux qui sont normalement versés dans la technique à propos du trépan rotatif 10, un des éléments de coupe 14 qui est positionné en un point radial plus proche des tampons 19 de calibre s'acheminera sur une distance circonférentielle plus grande ou plus longue autour de l'axe
30 longitudinal L du trépan rotatif 10 que la distance circonférentielle

parcourue par un autre des éléments de coupe qui est situé plus près de l'axe longitudinal L pendant un seul tour du trépan rotatif 10.

Donc, il est intuitivement évident pour une personne normalement versée dans la technique que l'inclinaison du trajet
5 sensiblement hélicoïdal (et de la profondeur de coupe correspondante) d'un des éléments de coupe 14 positionnés à proximité de l'axe longitudinal L (dont le cheminement circonférentiel est plus court pour une pénétration longitudinale donnée du trépan dans la formation) sera
10 sensiblement plus forte ou plus grande que celle de l'élément de coupe proche des tampons 19 de calibre (dont le cheminement circonférentiel est plus long pour une pénétration longitudinale donnée du trépan dans la formation). Donc, le mouvement sensiblement hélicoïdal précis de
chacun des éléments de coupe 14 (en supposant que le trépan rotatif 10 tourne autour de l'axe longitudinal L) dépend de sa position radiale par
15 rapport à l'axe longitudinal ou l'axe de rotation du trépan rotatif 10 ainsi que de la vitesse d'avancement et du nombre de tours par minute du trépan rotatif 10 pendant le forage.

Donc, pendant le forage, chacun des éléments de coupe 14 chemine le long d'un trajet sensiblement hélicoïdal quand le trépan
20 rotatif 10 tourne autour de l'axe longitudinal L. Il faut aussi savoir que, bien que le nombre de tours par minute et la vitesse d'avancement du trépan rotatif 10 peuvent varier considérablement pendant le forage, chacun des éléments de coupe 14 disposés sur celui-ci (en supposant que la vitesse d'avancement est positive et que le nombre de tours par
25 minute est positif) cheminera le long d'un trajet sensiblement hélicoïdal, bien que le pas d'hélice puisse changer ou varier pendant le forage.

En outre, en fonction du déplacement de chacun des éléments de coupe 14 l'un par rapport à l'autre, une partie d'une
périphérie de chacun des éléments de coupe 14 peut entrer en contact
30 et enlever une partie d'une formation souterraine. Comme cela est connu dans la technique et comme le montre la figure 1C, chacun des éléments de coupe 14 peut être positionné de manière à recouvrir au moins en

partie un ou plusieurs des éléments de coupe 14 radialement adjacents. Le profil extérieur ou périphérique des éléments de coupe 14 se chevauchant comme le montre la figure 1C peut, si on le fait tourner autour de l'axe longitudinal L, correspondre de manière générale à la configuration de fond de trou formée dans un trou de forage souterrain par un trépan rotatif 10 en forant de manière centrée autour de l'axe longitudinal L. Une approximation ou prédiction plus précise de la configuration de fond de trou générée par l'interaction des éléments de coupe 14 avec une formation souterraine peut être obtenue par des simulations prédictives ou des modèles, comme cela est connu dans la technique. Donc, pendant le forage, chacun des éléments de coupe 14 peut créer une partie propre d'une surface de trou de forage ou d'une configuration de fond de trou, formée à l'interface entre la formation souterraine et le trépan rotatif 10, ce qui est dû à l'arête tranchante de chacun des éléments de coupe 14 qui entre en contact avec une formation souterraine quand le trépan rotatif 10 fore dans celle-ci.

Poursuivant nos explications, la figure 1D montre une vue schématique simplifiée en perspective d'un élément de coupe 114 sensiblement cylindrique isolé (tel qu'il peut être positionné sur le trépan rotatif 10), coupant une surface S distincte du trou de forage dans une formation souterraine 100 au moyen d'une face de coupe 15 entrant en prise avec celle-ci et formant des déblais 101. Pour le dire autrement, l'élément de coupe 114 sensiblement cylindrique forme une rainure 120 ayant une surface S en réponse à un engagement de forage entre l'élément de coupe 114 et la formation souterraine 100. Une enveloppe de coupe, telle qu'utilisée ici, d'un élément de coupe (tel que l'élément de coupe 114) fait référence à la surface formée dans la formation souterraine avec celui-ci. Bien entendu, une telle surface S peut dépendre de la vitesse de rotation du trépan, du poids sur l'outil et d'autres facteurs tels que la résistance à la compression de la formation souterraine. En outre, comme expliqué ci-dessus, étant donné que l'élément de coupe 114 peut suivre un trajet sensiblement hélicoïdal, la

surface S peut présenter des aspects sensiblement hélicoïdaux correspondants. Si on extrapole cela au trépan rotatif 10, comme le montre la figure 1C, chaque élément de coupe des éléments de coupe 114 peut, pendant l'engagement de forage avec une formation souterraine, créer une partie associée ou distincte (par exemple, la surface S montrée sur la figure 1D) d'un trou de forage ou d'une surface de fond de trou.

Si on considère la nature sensiblement hélicoïdale susmentionnée du mouvement d'un élément de coupe porté par un trépan rotatif pendant le forage d'une formation souterraine, un aspect de la présente invention envisage un trépan rotatif comprenant une région d'engagement avec la surface du trou de forage qui a au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale faisant suite dans le sens de rotation à un élément de coupe associé et présentant une surface extérieure configurée pour entrer au moins partiellement en prise avec une surface du trou de forage formée par son élément de coupe associé.

Par exemple, la figure 2A montre une vue en élévation du dessus, agrandie et simplifiée, d'un exemple de réalisation d'une région d'engagement 62A avec la surface du trou de forage qui comprend des éléments 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. La région d'engagement 62A avec la surface du trou de forage peut être une forme de réalisation de la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage telle que la montrent les figures 1A et 1B. L'espace annulaire 92, formé entre la limite circulaire radialement intérieure 91 et la limite circulaire radialement extérieure 93 représente l'enveloppe de coupe de l'élément de coupe 74A. Donc, l'espace annulaire 92 peut représenter une partie distincte d'un trou de forage formée avec l'élément de coupe 74A. Toutefois, l'espace annulaire n'est simplement qu'une représentation et peut être exagéré en taille; une enveloppe de coupe effective (par exemple, la zone de contact marginale périphérique de l'élément de coupe 74A avec une formation souterraine) d'un élément de

coupe porté par un trépan rotatif peut, de manière typique, être sensiblement inférieure à la moitié de la circonférence de celui-ci comme on peut le voir en regardant les figures 1C et 1D. L'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est associé à l'élément de coupe

5 74A et est représenté comme occupant les zones de lame 80, 82, 84, 86, 88 et 90 respectives des lames 18A, 18B, 18C, 18D, 18E et 18F. Donc, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, faisant suite dans le sens de rotation à l'élément de coupe 74A, s'étend de manière sensiblement hélicoïdale autour de l'axe longitudinal L,

10 longitudinalement dans le trépan (c'est-à-dire s'écartant de la direction du forage) à un pas d'hélice choisi, interrompu circonférentiellement par les cours de fluide 20 séparant circonférentiellement les lames adjacentes 18A, 18B, 18C, 18D, 18E et 18F. De plus, d'autres lames (non représentées) qui ne coupent pas (c'est-à-dire qui s'étendent

15 radialement à travers) l'espace annulaire 92 peuvent être formées sur le trépan rotatif 10. En d'autres termes, l'élément 60 s'étendant hélicoïdalement peut être formé sur des lames qui sont positionnées de manière à être superposées à un trajet hélicoïdal de l'élément 60 s'étendant hélicoïdalement ou à le couper.

20 Plus particulièrement, la zone 80 de lame peut de préférence inclure une partie d'un élément 60 qui s'étend de manière sensiblement hélicoïdale en partant à proximité du tranchant de l'élément de coupe 74A. Il peut être préférable pour la zone 80 de lame d'inclure une partie de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement

25 hélicoïdale parce qu'il suit immédiatement dans le sens de rotation (sens de rotation 9) l'élément de coupe 74A. Une telle configuration peut fournir un contact stabilisant avec au moins une partie d'une configuration de fond de trou formée par l'élément de coupe 74A dans une formation souterraine pendant le forage. Cependant, la présente

30 invention envisage que l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale puisse être formé dans au moins une zone de lame des zones de lame 80, 82, 84, 86, 88 et 90 sans limitation. En outre, si

l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est formé dans une pluralité de zones de lame 80, 82, 84, 86, 88 et 90, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être formé dans n'importe quelle combinaison de zones de lame disponibles 80, 82, 84,
5 86, 88 et 90.

Des éléments ou inserts résistant à l'usure sous la forme de briques ou disques en carbure de tungstène, de particules abrasives de diamant, de film de diamant, de diamant naturel ou synthétique (PDC ou TSP), de nitrure de bore cubique, d'un matériau céramique ou d'un
10 autre matériau robuste, résistant à l'usure, comme cela est connu dans la technique, peuvent former au moins une partie d'une surface d'appui extérieure d'un élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale pour réduire l'usure abrasive de celui-ci par contact avec une formation souterraine sous le poids appliqué sur l'outil quand le trépan
15 rotatif 10 tourne sous un couple appliqué. Au lieu d'inserts, au moins une partie de la surface extérieure de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être constituée ou être complètement couverte d'un matériau résistant à l'usure.

Étant donné que les éléments de coupe 74B, 74C et 74D
20 suivent dans le sens de rotation le recouvrement de l'élément de coupe 74A par au moins une partie de l'espace annulaire 92, la forme de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale dans les zones de lame 82, 84, 86, 88 et 90 respectives des lames 18B, 18C, 18D, 18E et 18F peut changer par rapport à l'intersection ou la
25 modification de la surface du trou de forage générée par l'élément de coupe 74A par chaque élément de coupe 74B, 74C, et 74D faisant suite dans le sens de rotation qui coupe l'espace annulaire 92. Par exemple, une partie de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale formé dans la zone de lame 90, s'il y en a une, peut être
30 modifiée ou affectée par chacun des éléments de coupe 74B, 74C et 74D. Par conséquent, la forme et la taille de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent être ajustées par rapport aux

éléments de coupe faisant suite dans le sens de rotation ou s'y adapter autrement quand ils modifient la partie du trou de forage ou la surface de fond de trou générée initialement par l'élément de coupe 74A.

Comme autre point envisagé par la présente invention, un
5 élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configuré pour accueillir chacun d'une pluralité d'éléments de coupe qui sont positionnés sensiblement et respectivement dans la même position radiale et longitudinale (c'est-à-dire les éléments de coupe dits « redondants »). Dans une telle configuration, chaque élément 60
10 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut s'étendre potentiellement de manière sensiblement hélicoïdale (circonférentiellement) jusqu'à un élément de coupe redondant faisant suite dans le sens de rotation et se terminer essentiellement à ce niveau.

En termes de mouvement généralement hélicoïdal de
15 l'élément de coupe 74A, l'orientation (inclinaison) d'une surface d'appui extérieure de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configurée pour correspondre sensiblement à une inclinaison maximale choisie (c'est-à-dire le pas d'hélice) de la surface sensiblement hélicoïdale distincte coupée par son élément de coupe 74A
20 associé. Par conséquent, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut présenter une surface extérieure dimensionnée et configurée en coupe transversale et en extension sensiblement hélicoïdale de manière à coïncider sensiblement avec la partie de la surface du trou de forage formée par son élément de coupe
25 74A associé. En d'autres termes, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale d'un trépan rotatif 10, ou d'un quelconque trépan selon l'invention, peut être de section transversale arquée, vue transversalement à l'arc suivi quand le trépan tourne, pour fournir une surface d'appui extérieure arquée, s'étendant de manière sensiblement
30 hélicoïdale, se conformant à ou imitant une section circonférentielle de la surface coupée d'une partie d'un trou de forage généré par l'engagement de coupe de son élément de coupe 74 y associé. Par exemple, nous

référant à nouveau à la figure 1D, un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configuré de manière à coïncider sensiblement avec la surface S formée par l'élément de coupe 114. Donc, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut
5 initialement présenter une surface d'appui extérieure arquée se conformant à ou imitant sensiblement la surface coupée de la partie du trou de forage générée par l'engagement de coupe entre une formation souterraine et son élément de coupe 74A non utilisé, associé.

Comme autre extension encore, un seul élément s'étendant
10 de manière hélicoïdale associé à un élément de coupe peut présenter plus d'un pas d'hélice. Par exemple, nous référant à la figure 2A, le pas d'hélice de l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale peut changer à mesure qu'il s'éloigne hélicoïdalement de l'élément de coupe 74A associé. Plus spécifiquement, comme le montre la figure 2A, le pas
15 d'hélice peut changer dans une ou plusieurs zones de lame 80, 82, 84, 86, 88, et 90 formant une pluralité de sections circonférentielles de l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale.

Donc, par exemple, une première section circonférentielle d'un élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale ayant
20 un premier pas d'hélice peut être configurée pour fournir une première zone de surface d'appui supportant un trépan rotatif quand on fore une formation souterraine ayant une première résistance à la compression pour autant qu'un pas d'hélice relativement peu profond puisse être prévu pour l'élément de coupe du trépan, tandis qu'une deuxième
25 section circonférentielle de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut rester hors contact avec la formation souterraine jusqu'à ce que le pas d'hélice soit suffisant pour amener la première et la deuxième section circonférentielle de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale à entrer en contact avec
30 la formation souterraine. Donc, la première section circonférentielle de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configurée pour entailler (fracturer) la formation souterraine sous le poids

appliqué sur l'outil. Par conséquent, l'indentation de la formation souterraine peut avoir lieu jusqu'à ce que la deuxième section circonférentielle de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale entre en contact avec elle, à la suite de quoi la zone de surface combinée des deux sections circonférentielles de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale supportera le trépan rotatif 10. Bien entendu, comme mentionné ci-dessus, l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale peut comprendre plus de deux sections circonférentielles avec des pas d'hélice respectifs différents, sans limitation.

On envisage également qu'un élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale puisse être structuré dans sa section transversale et constitué d'au moins un matériau choisi de manière à s'user de manière délibérée et relativement rapide (par comparaison avec le taux d'usure de son élément de coupe 74A associé) d'une surface d'appui extérieure initiale jusqu'à une surface d'appui extérieure usée qui est sensiblement identique mais complémentaire à la surface du trou de forage ou de la partie de la configuration de fond de trou formée par son élément de coupe 74A associé. En d'autres termes, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut comprendre une structure sacrificielle choisie qui est structurée pour s'user en fonction de l'enveloppe de coupe de son élément de coupe 74A associé.

Par exemple, la figure 2B montre de manière plus détaillée une vue schématique d'une enveloppe de coupe 103 qui peut être générée par l'élément de coupe 74A et la périphérie de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale par rapport à la lame 18A, vue transversalement par rapport à un trajet sensiblement hélicoïdal de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. Comme le montre la figure 2B, l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale peut présenter une géométrie qui s'étend au-delà de l'enveloppe de coupe 103 (c'est-à-dire être dimensionnée de manière à entrer

initialement en contact avec une formation souterraine) d'un élément de coupe 74A. Donc, initialement, l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale peut présenter une périphérie qui est plus grande qu'une enveloppe de coupe de son élément de coupe 74A associé. Cependant, 5 l'élément 60 s'étendant de manière hélicoïdale peut être structuré et être constitué d'au moins un matériau choisi de manière à s'user de manière délibérée et relativement rapide par comparaison avec le taux d'usure de son élément de coupe associé (non représenté) de sa surface d'appui extérieure initiale, comme le montre la figure 2B, jusqu'à une surface 10 d'appui extérieure usée qui est sensiblement identique à l'enveloppe de coupe 103 de son élément de coupe 74A associé.

Une telle configuration peut avoir un effet significatif sur la stabilité d'un trépan rotatif, même quand il fonctionne à des pas d'hélice (c'est-à-dire des profondeurs de coupe) nettement inférieurs au pas 15 d'hélice choisi auquel l'élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale entre en contact avec la formation pendant le forage. Pour expliquer plus avant, les trépans rotatifs présentent souvent un mouvement oscillatoire ou des vibrations indésirables pendant le forage dans des formations rocheuses relativement meubles (par exemple, 20 calcaire de Bedford, argile litée de Catoosa, etc). En outre, ces vibrations dans des formations rocheuses meubles peuvent être de fréquence inférieure et, par conséquent, de plus grande magnitude que dans des roches relativement dures, ce qui peut être préjudiciable pour un trépan rotatif forant dans ces roches. Cependant, même des vibrations de 25 magnitude relativement faible dans des formations rocheuses relativement dures peuvent être sensiblement préjudiciables pour un trépan rotatif, en particulier si des taillants PDC y sont installés.

Les inventeurs de la présente invention ont découvert que des surfaces de contact relativement grandes pourvues d'au moins un 30 élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale dans la région en cône inversé d'un trépan rotatif peuvent être efficaces pour inhiber les vibrations quand on fore avec elles dans une formation souterraine à un

pas d'hélice (c'est-à-dire une profondeur de coupe) inférieur au pas d'hélice dudit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale.

La présence d'au moins un élément s'étendant de manière
5 sensiblement hélicoïdale dans la région en cône inversé d'un trépan
rotatif peut notamment inhiber une déviation latérale du trépan rotatif par
contact avec une surface de fond de trou établie au centre. Par exemple,
si le trépan rotatif fonctionne à un pas d'hélice (c'est-à-dire vitesse
d'avancement ou profondeur de coupe à un nombre de tours par minute
10 donné) inférieur au pas d'hélice choisi présenté par ledit au moins un
élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, et si le trépan
rotatif tourne autour de l'axe longitudinal, créant une configuration de
fond de trou centrée, la surface extérieure dudit au moins un élément
s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut ne pas entrer
15 sensiblement en contact avec la partie de la configuration de fond de
trou (centrée) souterraine créée par son élément de coupe associé.
Cependant, si le trépan rotatif dévie littéralement ou tourne de manière
excentrée après avoir établi une telle configuration de fond de trou
« centrée », ledit au moins un élément s'étendant de manière
20 sensiblement hélicoïdale peut entrer en contact avec au moins une partie
de la configuration de fond de trou « centrée » et résister à cette rotation
excentrée (déplacement latéral de l'axe de rotation). Une telle
configuration peut réduire l'enlèvement de roche avec le trépan (au
moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale)
25 pendant la déviation latérale du trépan rotatif pendant le forage parce
qu'une zone de contact relativement plus grande de l'élément s'étendant
de manière sensiblement hélicoïdale peut entrer en prise avec la
configuration de fond de trou. Bien entendu, la zone de contact entre un
élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et une
30 configuration de fond de trou peut être sélectivement adaptée ou conçue.

De plus ou par ailleurs, si le trépan rotatif fonctionne à un
pas d'hélice (vitesse d'avancement ou profondeur de coupe à un nombre

de tours par minute donné) sensiblement égal au pas d'hélice choisi présenté par ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut entrer en contact avec la partie de

5 la configuration de fond de trou centrée générée par son élément de coupe associé. Bien entendu, la zone de contact entre un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et une configuration de fond de trou peut être sélectivement adaptée ou conçue. Un tel contact peut avoir pour résultat une grande zone de contact entre ledit au moins

10 un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et la configuration de fond de trou, ce qui peut limiter la réponse du trépan rotatif en termes de couple. En outre, une telle limitation peut contrôler les oscillations torsionnelles dites de broutement. De plus, un tel contact peut limiter sensiblement la profondeur de coupe ou la vitesse

15 d'avancement ultime (pour un nombre de tours par minute donné) qui peut être atteinte en forant avec un trépan rotatif comprenant ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. Des augmentations additionnelles du poids sur l'outil peuvent être transmises à la formation souterraine par la zone de contact ou la surface d'appui

20 dudit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. En outre, la zone de contact totale cumulative dudit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être choisie en tenant compte d'un poids maximal prévu sur l'outil de manière à ne pas dépasser la contrainte de compression de la formation

25 souterraine, comme expliqué de manière plus détaillée ci-dessous.

Par ailleurs, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut présenter une surface d'appui extérieure qui ne se conforme pas ou n'imité pas sensiblement l'enveloppe de coupe ou la surface coupée de son élément de coupe 74A associé. Au

30 contraire, l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut présenter une surface d'appui extérieure configurée pour entrer en contact avec une partie de l'enveloppe de coupe ou de la surface coupée

de son élément de coupe 74A associé. Par exemple, des saillies, des protubérances, des rainures, des dégagements ou des combinaisons de ceux-ci peuvent former au moins une partie d'un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale de la présente invention. Une telle configuration peut être avantageuse pour adapter l'étendue de la zone de surface d'appui d'une région d'engagement avec le trou de forage. En outre, malgré la réduction de la zone de contact de l'élément 60 s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, les avantages susmentionnés d'un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale de la présente invention peuvent être réalisés dans une mesure appréciable et souhaitable.

Dans une autre forme de réalisation de la présente invention, comme le montrent les figures 3A et 3B, la région d'engagement 62B avec la surface du trou de forage peut comprendre une pluralité d'éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, chacun comprenant un corps allongé, s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, résidant sur les lames 18A – 18F d'un trépan rotatif 10. Seul les éléments 60J, 60F et 60C s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, portés par les lames 18A et 18B sont étiquetés sur la figure 3B pour des raisons de clarté. La région d'engagement 62B avec la surface du trou de forage est une forme de réalisation exemplaire de la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage que montrent les figures 1A et 1B.

Des éléments ou inserts résistant à l'usure sous la forme de briques ou de disques en carbure de tungstène, de particules abrasives de diamant, de film de diamant, de diamant naturel ou synthétique (PDC ou TSP), de nitrure de bore cubique, d'un matériau céramique ou d'un autre matériau robuste, résistant à l'usure, comme cela est connu dans la technique, peuvent former au moins une partie d'une surface d'appui extérieure d'au moins un des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale pour réduire l'usure abrasive de ceux-ci par contact avec une formation souterraine sous un

poids appliqué sur l'outil quand le trépan rotatif 10 tourne sous un couple appliqué. Au lieu d'inserts, la surface d'appui extérieure de chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être constituée ou être complètement couverte d'un matériau
5 résistant à l'usure. Chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut s'étendre de manière sensiblement hélicoïdale en partant à proximité du bord d'attaque ou de coupe de son élément de coupe associé faisant partie des éléments de coupe 14A – 14K respectifs. En outre, dans le cas d'un élément de
10 coupe sensiblement cylindrique, comme un taillant PDC, chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut s'étendre continuellement et respectivement à partir de l'extrémité postérieure dans le sens de rotation de chaque élément de coupe 14A – 14K associé.

15 Dans une forme de réalisation de la présente invention, chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configuré avec une topographie de surface d'appui qui se conforme sensiblement à la forme de l'enveloppe effectuée par son élément de coupe associé (c'est-à-dire la surface coupée dans la
20 formation par celui-ci) pour une vitesse d'avancement ou un nombre de tours par minute donné (c'est-à-dire un pas d'hélice donné). En d'autres termes, l'extérieur de chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être dimensionné et configuré pour entrer sensiblement en prise avec toute la partie de la configuration
25 de fond de trou au-dessus de laquelle chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est positionné (circonférentiellement), chaque partie de la configuration de fond de trou étant formée par un élément de coupe associé respectif des éléments de coupe 14A – 14K à une vitesse d'avancement et un nombre de tours par
30 minute choisis (c'est-à-dire un pas d'hélice ou trajet hélicoïdal choisi). Par conséquent, dans une telle configuration, si le trépan rotatif 10 fore dans la formation à une vitesse d'avancement et un nombre de tours par

minute donnés, la zone de surface d'appui extérieure totale ou cumulative des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut, en substance, entrer en contact avec la configuration de fond de trou de manière sensiblement simultanée.

5 Donc, une vitesse d'avancement et un nombre de tours par minute qui peuvent provoquer un contact sensiblement simultanée de chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent être conceptuellement compris comme une vitesse d'avancement maximale à un nombre de tours par minute minimal. Par
10 conséquent, il faut comprendre que le nombre de tours par minute et la vitesse d'avancement (qui est quelque peu en rapport avec le poids sur l'outil) d'un trépan rotatif peuvent être ajustés pendant le fonctionnement et que ces ajustements peuvent produire des pas d'hélice différents. Cependant, chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière
15 sensiblement hélicoïdale peut être dimensionné et configuré de manière à ne pas inhiber l'action de coupe d'un élément de coupe associé 14A-14K respectif pour un pas d'hélice inférieur à un pas d'hélice maximal choisi ou un trajet hélicoïdal choisi.

 Bien entendu, l'étendue de la zone de contact entre les
20 éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et la configuration de fond de trou est influencée par la zone des lames 18A - 18F qui est disponible. Par conséquent, comme le montrent les figures 3A et 3B, les lames 18A et 18B, 18C et 18D, et 18E et 18F peuvent être pontées ou reliées circonférentiellement de manière à
25 fournir une zone accrue pour former les éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. En général, une quelconque des lames 18A et 18B, 18C et 18D, et 18E et 18F peut être pontée respectivement avec une autre ou plusieurs des lames 18A et 18B, 18C et 18D, et 18E et 18F, comme on le souhaite sans limitation. Donc, en
30 extrapolant encore, pratiquement toute la zone disponible de la pluralité de lames dans une région en cône inversé (par exemple, la région 50 en cône inversé montrée sur la figure 1C) peut porter des éléments

s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale associés aux éléments de coupe qui y sont positionnés, selon la présente invention.

En outre, comme peut s'en rendre compte une personne normalement versée dans la technique, chacun de la pluralité d'éléments 5 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être formé sur au moins une des lames 18A – 18F, ou alternativement, sur une pluralité de lames 18A – 18F, comme on le souhaite. Donc, en général, en plus ou au lieu d'une lame qui porte l'élément de coupe associé d'un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, 10 un tel élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être formé radialement (c'est-à-dire continué de manière sensiblement hélicoïdale), en fonction de l'espace disponible, entre des éléments de coupe qui font suite dans le sens de rotation et qui sont respectivement portés par une ou plusieurs lames qui font suite dans le sens de rotation.

15 Par exemple, si l'on considère l'élément 60F s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et son élément de coupe 14F associé, l'élément 60F s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être formé facultativement sur chacune des lames 18A – 18F. Bien entendu, il faut savoir que d'autres lames (non représentées) qui ne coupent le 20 trajet sensiblement hélicoïdal de l'élément 60F s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent être formées au moins sur la lame 18A et, facultativement, sur une ou plusieurs des lames 18B – 18F. Il peut être préférable de former l'élément 60F s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale de manière qu'il s'étende circonférentiellement 25 jusqu'à proximité de l'élément de coupe 14F, afin que la surface formée avec celui-ci en coupant une formation souterraine puisse faire l'objet d'un engagement de la part de l'élément 60F s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale lors du déplacement latéral de l'axe de rotation (c'est-à-dire l'axe longitudinal L) ou lorsque le pas d'hélice est 30 sensiblement égal à un pas d'hélice choisi.

Une forme appropriée d'un ou de plusieurs des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être une

forme configurée pour se conformer sensiblement à au moins une partie de l'enveloppe de coupe de son élément de coupe 14A- 14K associé. Par exemple, en supposant qu'un élément de coupe 14A est configuré comme un corps sensiblement cylindrique (tel qu'un taillant PDC) qui
5 peut être orienté à un angle dit de dégagement arrière, de l'ordre de, par exemple, 5° à 35°, la forme de la section transversale de l'enveloppe de coupe (transversale au trajet sensiblement hélicoïdal de celle-ci) de l'élément de coupe 14A peut être partiellement elliptique (c'est-à-dire une
10 surface formée par une partie d'une ellipse tracée le long d'un trajet sensiblement hélicoïdal), étant donné que le bord cylindrique de l'élément de coupe 14A peut probablement être orienté à un angle de dégagement arrière négatif par rapport à la formation (s'approchant de manière rotatoire) qu'il coupe, vu une vitesse d'avancement et un nombre de tours par minute sensiblement constants. L'angle de
15 dégagement arrière, tel qu'il s'applique à l'orientation d'un élément de coupe 14A positionné dans le trépan rotatif 10, et des considérations sur son mouvement généralement hélicoïdal pendant le forage sont connus dans la technique et ces considérations peuvent fournir un angle dit de dégagement arrière efficace. Donc l'enveloppe de coupe de l'élément de
20 coupe 14A peut être déterminée par la forme du bord d'attaque de l'élément de coupe 14A, son angle de dégagement arrière effectif et son angle de dégagement latéral, le cas échéant, pendant le forage d'une formation souterraine avec celui-ci. Bien entendu, dans le cas où un élément du bord d'attaque d'un élément de coupe 14A est orienté
25 perpendiculairement à la formation (s'approchant de manière rotatoire) pendant la coupe de celle-ci, son enveloppe de coupe de celle-ci peut être cylindrique.

Donc, l'élément 60A s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être configuré pour correspondre à la taille et à la forme
30 (par exemple partiellement elliptique ou cylindrique) de l'enveloppe de coupe définie par l'élément de coupe 14A pendant l'engagement de coupe avec une formation souterraine à un pas d'hélice maximal choisi

ou trajet hélicoïdal choisi. Pour expliquer plus avant, chacun des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut avoir une section transversale arquée, prise transversalement à l'arc sensiblement hélicoïdal suivi par un élément de coupe quand le trépan
5 rotatif 10 tourne autour de son axe longitudinal L pour fournir les éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, dont chacun d'eux reproduit sensiblement la surface de la formation à mesure qu'elle est coupée par un élément de coupe 14A – 14K associé non usé. En d'autres termes, chacun des éléments 60A – 60K s'étendant
10 de manière sensiblement hélicoïdale peut être configuré pour s'accoupler en substance avec une partie de la formation générée par son élément de coupe 14A-14K le précédant dans le sens de rotation pour un pas d'hélice maximal choisi ou trajet hélicoïdal choisi (c'est-à-dire une vitesse d'avancement maximale choisie à un nombre de tours par minute
15 minimal choisi). Par ailleurs, un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale de la présente invention peut, bien entendu, être configuré de manière à s'user en réaction au contact avec une formation souterraine pour former une surface extérieure qui reproduit sensiblement la surface de la formation à mesure qu'elle est coupée par
20 son élément de coupe associé, comme cela sera discuté de manière plus détaillée ci-dessous.

Dans une autre alternative, un ou plusieurs des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent présenter une surface d'appui extérieure qui, en substance, ne se
25 conforme pas à ou n'imites pas respectivement l'enveloppe de coupe ou la surface coupée de son élément de coupe 14A-14K associé. Au contraire, un ou plusieurs des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent présenter une surface d'appui extérieure configurée pour entrer en contact respectivement avec une
30 partie de l'enveloppe de coupe ou de la surface coupée de son élément de coupe 14A-14K associé. Une telle configuration peut être avantageuse pour adapter l'étendue de la zone de surface d'appui d'une

région d'engagement avec un trou de forage. En outre, l'adaptation de la zone de contact des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut permettre une adaptation sélective des avantages susmentionnés d'un élément s'étendant de manière
5 sensiblement hélicoïdale de la présente invention en vue d'autres caractéristiques de performance et de fonctionnement désirées.

Donc, les éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent présenter chacun une surface d'appui extérieure configurée pour n'entrer en contact qu'avec une partie de la
10 surface du trou de forage ou la surface de fond de trou générée par son élément de coupe 14A-14K associé respectif. Une telle configuration peut être avantageuse pour adapter l'étendue de la zone de surface d'appui d'une région d'engagement avec le trou de forage en rapport avec une résistance à la compression d'une formation souterraine,
15 comme cela sera discuté ci-dessous.

En outre, la zone de contact cumulative des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent fournir une zone de surface suffisante pour résister au poids longitudinal sur l'outil ou, en plus ou alternativement, au déplacement latéral sans
20 dépasser la résistance à la compression de la formation en cours de forage, si bien que la roche n'est pas entaillée ou fracturée et que la pénétration (vitesse d'avancement) ou le déplacement latéral (rotation excentrée) des éléments de coupe 14A – 14K dans la roche peuvent être sensiblement contrôlés.

À titre d'exemple uniquement, la zone de surface totale des éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale configurés pour entrer en contact avec une formation souterraine à un pas d'hélice maximal choisi pour le trépan rotatif 10, généralement configuré comme le montre la figure 2A, peut être d'environ 64,5 centimètres carrés. Si,
25 par exemple, la résistance à la compression non confinée d'une formation relativement meuble à forer avec le trépan rotatif 10 est de 20 684 Kpa (c'est-à-dire 3000 livres par pouce carré ou psi), alors un
30

poids d'au moins environ 13,4 KN (30 000 livres) peut être appliqué sur l'outil sans fracturer ou entailler la formation. Un tel poids sur l'outil peut être nettement supérieur au poids qui peut normalement être appliqué à un trépan dans ces formations (par exemple, aussi peu que 8,94 à 17,8

5 KN (2000 à 4000 livres), jusqu'à environ 26,7 KN (6000 livres). Dans des formations plus dures ayant des résistances à la compression, par exemple, de 137 895 KPa à 275 790 KPa (20 000 à 40 000 psi), la zone de surface totale des éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être considérablement réduite tout en acceptant une

10 plage substantielle de poids appliqués sur l'outil pour maintenir fermement le trépan sur le fond du trou de forage. Bien entendu, une zone de surface totale des éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être conçue en fonction d'une résistance à la compression d'une formation souterraine et peut de préférence prévoir

15 une « marge » adéquate de zone d'appui excédentaire en tenant compte des variations de la résistance à la compression d'une formation souterraine dues aux changements de formation et aux effets de la pression (pression interstitielle, pression de surcharge, etc.) ou pour exclure une entaille ou une fracture substantielle du fond de trou de la

20 formation.

De manière similaire, la zone de contact superficielle totale des éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale portés par un trépan rotatif peut être configurée pour entrer en contact avec une configuration centrée établie du trou de forage ou du fond de trou à une

25 contrainte inférieure à la contrainte de compression de la formation souterraine, en réponse à une déviation latérale anticipée de l'axe de rotation. Plus particulièrement, pour un degré relativement faible de déviation latérale de l'axe de rotation, la zone de contact superficielle totale des éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale

30 avec la configuration centrée établie du fond de trou peut être dimensionnée et configurée de manière à inhiber suffisamment une indentation supplémentaire (c'est-à-dire un déplacement latéral ultérieur)

dans la formation souterraine. Bien entendu, les degrés initiaux de déviation latérale peuvent provoquer une indentation ou des contraintes supérieures à la résistance de compression de la formation souterraine, mais les éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale
5 peuvent être configurés pour entrer en contact avec la formation dans des zones de contact de plus en plus grandes en rapport avec l'accroissement de la déviation latérale, inhibant ou limitant rapidement par conséquent une déviation latérale supplémentaire.

En ce qui concerne la conception d'un trépan rotatif
10 comprenant une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale ayant une zone de contact cumulative pour résister à un poids longitudinal appliqué sur l'outil ou, en plus ou alternativement, à un déplacement latéral sans dépasser la résistance à la compression de la formation avec laquelle ils entrent en contact, on
15 peut recourir à la simulation ou à la modélisation d'un trépan rotatif. Par exemple, si l'on considère le déplacement latéral d'un trépan rotatif, on peut simuler une configuration de fond de trou centrée et on peut prédire ou simuler la zone de contact entre une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale et la configuration de fond de trou
20 centrée. Donc, l'étendue de la zone de contact par rapport à une déviation latérale anticipée de l'axe de rotation du trépan rotatif peut faire l'objet d'une prévision, d'un choix ou d'une conception ou de combinaisons de ceux-ci.

Les éléments de coupe 14A-14K peuvent comprendre des
25 taillants PDC qui, comme cela est connu dans la technique, peuvent être configurés avec des chanfreins, des avancées ou des combinaisons de ceux-ci. Un type exemplaire de taillant PDC qui peut comprendre un ou plusieurs des éléments de coupe 14A-14K peut être un taillant PDC à bord soutenu par du carbure selon le brevet US n° 5,460,233. Un tel
30 taillant PDC peut en outre comprendre facultativement un biseau relativement large ou une inclinaison sur la table diamantée selon le brevet US n° 5,706,906 et le brevet US apparenté n° 6,000,483. Chacun

des trois brevets précédents est cédé au cessionnaire de la présente invention. Un autre type exemplaire de taillants PDC qui peuvent comprendre un ou plusieurs des éléments de coupe 14A-14K peut être un taillant PDC dit à bord soutenu par des diamants, ayant une table
5 diamantée relativement épaisse et un chanfrein relativement généreux, comme cela est connu dans la technique.

Dans le cas des trépan de type matrice, à titre d'exemple et non de limitation, les éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent être formés par des saillies de
10 matériau de matrice infiltré du corps 40 de trépan s'étendant dans des cavités formées sur la surface intérieure de la cavité de moule du trépan qui définit la forme extérieure du corps 40 du trépan. La résistance à l'usure des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peut être augmentée, à titre d'exemple uniquement, en
15 plaçant des particules abrasives de diamant dans le matériau de matrice adjacent à la surface extérieure des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale avant infiltration du corps 40 de trépan.

Par ailleurs, à titre d'exemple et non de limitation, dans le cas de trépan à corps d'acier, les éléments d'appui allongés peuvent
20 être formés à partir d'un matériau de surfaçage de renfort appliqué sur un corps en acier. L'utilisation de surfaçage de renfort pour former des nœuds d'usure sur les corps de trépan est divulguée et revendiquée dans le brevet US n° 6,651,756 délivré à Costo et al, cédé au cessionnaire de la présente invention. Le surfaçage de renfort peut
25 généralement inclure une certaine forme de particules dures placées sur une surface à l'aide d'un système de placement par soudage. Les particules dures peuvent provenir du groupe suivant de carbures coulés ou frittés comprenant au moins un parmi le chrome, le molybdène, le niobium, le tantale, le titane, le tungstène et le vanadium et des alliages
30 et mélanges de ceux-ci. Le brevet US n° 5,663,512 délivré à Schader et al., cédé au cessionnaire de la présente invention, divulgue des particules dures pour des applications de surfaçage de renfort. Des

particules de carbure fritté, macrocristallin ou coulé sont couramment capturées dans un tube en acier doux. Le tube en acier contenant le mélange de carbure de tungstène est alors utilisé comme une barre de soudage pour déposer le surfaçage de renfort sur la surface voulue, en
5 générale en présence d'un désoxydant ou d'un flux, comme cela est connu dans la technique. La forme, la taille et le pourcentage relatif des différentes particules dures peuvent affecter les propriétés d'usure et de solidité du surfaçage de renfort déposé, comme décrit par Schader et al. De plus, le brevet US no 5,492,186 délivré à Overstreet, cédé au
10 cessionnaire de la présente invention, décrit une configuration de surfaçage de renfort pour les dents du rang du fond sur un trépan à molettes. Donc, les caractéristiques du surfaçage de renfort peuvent être adaptées pour convenir aux objectifs de chacun de la pluralité des éléments 60A – 60K s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale
15 formés avec celui-ci.

Dans une autre alternative encore, les éléments 60A – 60K s'étendant de manière hélicoïdale peuvent être fabriqués séparément par filtration, pressage à chaud, usinage ou par un autre moyen connu dans la technique. En outre, ces éléments 60A – 60K s'étendant de
20 manière hélicoïdale peuvent être fixés au trépan rotatif 10 par des techniques de fixation mécanique connues dans la technique, par exemple par brasage, par des dispositifs de fixation filetés, par soudage, etc. Une telle configuration peut être avantageuse pour fournir un mécanisme permettant d'adapter les éléments 60A – 60K s'étendant de
25 manière hélicoïdale à une formation souterraine attendue qui sera forée.

Par conséquent, une autre considération dans le cadre de la conception de trépans selon la présente invention concerne l'abrasivité de la formation en cours de forage et les taux d'usure relatifs des éléments 60A – 60K s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale et
30 des éléments de coupe 14A – 14K. Dans des formations non abrasives, une telle considération n'est pas d'une importance majeure, étant donné que ni les éléments 60A – 60K s'étendant de sensiblement manière

hélicoïdale ni les éléments de coupe 14A – 14K ne s'useront de manière notable. Cependant, dans des formations plus abrasives, il peut être nécessaire de prévoir des inserts d'usure, un surfaçage de renfort, ou de protéger autrement les éléments 60A – 60K s'étendant de manière

5 hélicoïdale contre une usure excessive (c'est-à-dire prématurée) en rapport avec les éléments de coupe 14A – 14K avec lesquels ils sont respectivement associés.

On a également envisagé que deux valeurs différentes du pas d'hélice (c'est-à-dire des trajets hélicoïdaux différents) puissent être

10 choisies pour différents éléments s'étendant de manière hélicoïdale employés sur un trépan. Par exemple, une pluralité d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale peuvent être configurés pour fournir une première zone de surface supportant un trépan rotatif quand on fore dans une formation souterraine plus dure ayant une

15 résistance plus élevée à la compression pour autant qu'un pas d'hélice relativement peu profond pour l'élément de coupe du trépan puisse être prévu, tandis qu'une deuxième pluralité d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale peuvent rester hors contact avec la formation souterraine jusqu'à ce que le pas d'hélice soit suffisant (par

20 exemple dans une formation souterraine ayant une résistance moindre à la compression) pour amener tant la première que la deuxième pluralité d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale à entrer en contact avec la formation souterraine. Donc, la première pluralité d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale peuvent être

25 configurés pour l'indentation (la fracture) de la formation souterraine sous le poids appliqué sur l'outil. Par conséquent, l'indentation de la formation souterraine peut avoir lieu jusqu'à ce que la deuxième pluralité d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale entre en contact avec elle, à la suite de quoi la zone de surface combinée des

30 deux pluralités d'éléments s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale supporteront le trépan rotatif.

Dans un autre aspect de la présente invention, comme noté ci-dessus, la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage comprenant au moins un élément s'étendant de sensiblement manière hélicoïdale peut être formée généralement dans la région 50 en cône inversé du trépan rotatif 10, à proximité de l'axe longitudinal ou centre du trépan rotatif 10. Une telle configuration peut être avantageuse pour inhiber la rotation décentrée du trépan rotatif 10 pendant le forage en ancrant la région 50 en cône inversé. Comme mentionné ci-dessus, si le trépan rotatif 10 dévie latéralement ou tourne de manière décentrée après l'établissement d'une configuration de fond de trou « centrée », la pluralité d'éléments 60A – 60K s'étendant de manière hélicoïdale peuvent entrer en contact avec des parties de la configuration de fond de trou « centrée » et résister à cette rotation décentrée (déplacement latéral de l'axe de rotation).

Par exemple, la figure 4 montre une seule lame 18 du trépan rotatif 10 positionné dans un trou de forage 70 formé dans la formation souterraine 100. En supposant que la lame 18 est déplacée latéralement dans le trou de forage 70, amenant les éléments de coupe 14 sur celle-ci à « creuser » ou attaquer la formation souterraine 100 dans ou à proximité de la région 72, l'axe longitudinal L du trépan rotatif 10 peut tenter de tourner autour de la région 72. C'est-à-dire que le trépan rotatif 10 peut tourner autour de la périphérie du trou de forage 70, qui peut être légèrement surdimensionné. Un tel mouvement rotatif peut être qualifié de comportement « tourbillonnaire » qui peut être extrêmement délétère pour les éléments de coupe 14 ainsi que pour d'autres structures du trépan rotatif 10.

Par conséquent, la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage (quadrillée pour des raisons de clarté) peut résister à la rotation autour de la région 72. Plus spécifiquement, si le trépan rotatif 10 dévie latéralement ou tourne de manière décentrée après l'établissement d'une configuration de fond de trou « centrée », la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage peut entrer en

contact avec la configuration de fond de trou centrée établie, inhibant ou ancrant ainsi la région proche du centre (c'est-à-dire la position radiale de l'axe longitudinal) du trépan rotatif 10. Ce contact peut avantageusement limiter ou inhiber les vibrations du trépan rotatif 10
5 quand il fore dans la formation souterraine 100.

De surcroît, comme expliqué ci-dessus, avec un déplacement latéral relativement faible choisi de l'axe longitudinal L du trépan rotatif 10, la zone de contact de la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage (pour un degré de déplacement latéral choisi
10 donné) peut être d'une taille suffisante pour entrer en contact avec la surface du trou de forage avec une contrainte ne dépassant pas la contrainte de compression de la formation souterraine. Plus particulièrement, la zone de contact de la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage (pour un degré de déplacement latéral choisi
15 donné) peut être d'une taille suffisante pour résister à un couple de rotation ne dépassant pas un couple de rotation maximal T appliqué par le trépan rotatif 10 pendant qu'il entre en contact avec la configuration de fond de trou centrée avec une contrainte ne dépassant pas la contrainte de compression de la formation souterraine. Une telle configuration peut
20 être avantageuse pour limiter la déviation latérale du trépan rotatif 10 et, facultativement, pour maintenir la forme de la surface du trou de forage centrée. Donc, la stabilité du trépan rotatif 10 peut être améliorée en formant la région d'engagement 62 avec la surface du trou de forage ayant une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement
25 hélicoïdale présentant une taille suffisante de manière à entrer en contact avec la surface du trou de forage et à ancrer celle-ci à une contrainte ne dépassant pas la contrainte de compression de la formation souterraine 100.

Il peut être hautement souhaitable de limiter les vibrations
30 et la rotation décentrée, même en tenant compte du fait que les éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent faire obstacle à la vitesse d'avancement ultime (pour un nombre de tours par minute

donné) d'un trépan ainsi équipé. Cependant, les éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale peuvent arriver à un pas d'hélice prévisible et sensiblement durable avec la capacité connue – relevant de la mécanique des fluides - d'un trépan à évacuer les déblais de formation du trépan à un taux volumétrique maximal donné, et un pas d'hélice maximal durable peut être atteint sans agglutination des déblais dans le trépan et peut accroître la stabilité de forage avec pour résultat une usure réduite des taillants et l'élimination substantielle de l'endommagement et des bris de taillants dus à l'instabilité ou à une profondeur de coupe excessive. En outre, le calage du moteur, la perte de face de l'outil et les oscillations torsionnelles (par exemple le comportement torsionnel de type broutement) peuvent aussi être éliminés. Donc, la capacité à amortir les vibrations et les cahots en maintenant le trépan en contact constant avec la formation peut être hautement bénéfique en termes de stabilité et longévité du trépan, tandis que dans des applications pilotables, l'invention peut exclure la perte de face de l'outil.

Bien que des formes de réalisation spécifiques aient été montrées à titre d'exemple dans les dessins et aient été décrites en détail ici, l'invention peut être susceptible de diverses modifications, combinaisons et formes alternatives. C'est pourquoi, il convient de comprendre que l'invention n'est pas destinée à être limitée aux formes particulières divulguées. Au contraire, l'invention inclut toutes les modifications, équivalents, combinaisons et alternatives relevant du cadre et de l'esprit de l'invention telle que définie par les revendications annexées qui suivent.

REVENDEICATIONS

1. Trépan rotatif pour forage souterraine, comprenant :
un corps de trépan comprenant une extrémité antérieure pour entrer en
contact avec une formation pendant le forage et une extrémité
5 postérieure ayant une structure de connexion y associée pour
connecter le trépan rotatif à un train de tiges de forage,
au moins un élément de coupe fixé à l'extrémité antérieure et configuré
pour former une surface de trou de forage distincte en réponse à
l'engagement de forage dans une formation souterraine, et
10 au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale
associé audit au moins un élément de coupe et faisant suite audit
au moins un élément de coupe dans le sens de rotation,
dans lequel ledit au moins un élément s'étendant de manière
sensiblement hélicoïdale est structuré pour entrer en contact avec
15 au moins une partie distincte de la surface du trou de forage
générée par ledit au moins un élément de coupe s'engageant
dans la formation souterraine le long d'un trajet hélicoïdal choisi
prédéterminé.
2. Trépan rotatif selon la revendication 1, dans lequel
20 ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement
hélicoïdale comprend une pluralité de sections circonférentielles ayant
respectivement des pas d'hélice différents.
3. Trépan rotatif selon la revendication 1, dans lequel
ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement
25 hélicoïdale est positionné dans une région en cône inversé du trépan
rotatif.
4. Trépan rotatif selon la revendication 1, dans lequel
ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement
hélicoïdale présente une section transversale arquée, prise
30 transversalement par rapport une direction à son étendue hélicoïdale.
5. Trépan rotatif selon la revendication 1, dans lequel
ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement

hélicoïdale présente une zone de surface extérieure pour entrer en contact de manière sensiblement complète avec la surface distincte du trou de forage le long d'une longueur circonférentielle de celle-ci pour le trajet hélicoïdal choisi dudit au moins un élément de coupe.

5 6. Trépan rotatif selon la revendication 1, comprenant en outre :

une pluralité de lames formées sur le corps du trépan, et
dans lequel ledit au moins un élément de coupe comprend une pluralité d'éléments de coupe, et

10 dans lequel chacune de la pluralité de lames porte au moins un de la pluralité d'éléments de coupe.

7. Trépan rotatif selon la revendication 6, dans lequel ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend une pluralité d'éléments s'étendant de manière
15 sensiblement hélicoïdale, chacun étant formé sur au moins une de la pluralité de lames et associé avec un élément de coupe respectif de la pluralité d'éléments de coupe et venant après celui-ci dans le sens de rotation.

8. Trépan rotatif selon la revendication 6 ou 7, dans
20 lequel chacun de la pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est formé sur plus d'une lame de la pluralité de lames.

9. Trépan rotatif selon la revendication 6 ou 7, dans lequel au moins deux lames de la pluralité de lames sont pontées l'une à
25 l'autre et au moins un de la pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est formé sur une partie pontée entre lesdites au moins deux lames de la pluralité de lames.

10. Trépan rotatif selon la revendication 6 ou 7, dans lequel la pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement
30 hélicoïdale présente, de manière cumulative, une zone de surface extérieure pour entrer en contact de manière sensiblement complète, avec la partie au-dessus de laquelle la pluralité d'éléments s'étendant de

manière sensiblement hélicoïdale sont formés, avec une configuration de fond de trou formée par engagement de forage du trépan rotatif dans la formation souterraine au pas d'hélice choisi.

11. Trépan rotatif selon la revendication 6 ou 7, dans
5 lequel la pluralité d'éléments de coupe comprend une pluralité de taillants PDC (polycristallins).

12. Trépan rotatif selon la revendication 1, dans lequel :
ledit au moins un élément de coupe comprend une pluralité d'éléments
de coupe, et
10 ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, chacun étant associé avec un élément de coupe respectif de la pluralité d'éléments de coupe et venant après celui-ci dans le sens de rotation.

13. Trépan rotatif selon la revendication 12, dans
15 lequel des surfaces d'appui d'au moins un de la pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale présente un premier pas d'hélice et au moins un autre de la pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale présente un autre pas d'hélice
20 différent.

14. Trépan rotatif selon la revendication 12 ou 13, dans
lequel la pluralité d'éléments de coupe comprend une pluralité
d'éléments de coupe redondants et chacun de la pluralité d'éléments
s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale est associé
25 respectivement à un élément de la pluralité d'éléments de coupe redondants.

15. Trépan selon une quelconque des revendications 1 –
7 et 12, dans lequel au moins une partie d'une surface extérieure dudit
au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale
30 comprend au moins un parmi du carbure de tungstène, du diamant polycristallin thermiquement stable, du diamant naturel, des particules

abrasives de diamant, du film de diamant, du nitrure de bore cubique et du surfaçage de renfort.

16. Procédé de fonctionnement d'un trépan rotatif pour forage souterrain, consistant à :

- 5 prévoir un trépan rotatif ayant au moins un élément de coupe, un axe longitudinal et au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale associé audit au moins un élément de coupe,
- 10 forer dans une formation souterraine avec le trépan rotatif pour former un trou de forage ayant une configuration de fond de trou centrée au sein de la formation souterraine, et
- mettre en contact au moins une partie de la configuration de fond de trou centrée avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale en réponse à une déviation latérale de
- 15 l'axe longitudinal du trépan rotatif.

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel la mise en contact d'au moins une partie de la configuration de fond de trou centrée avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la réduction des vibrations du trépan
- 20 rotatif pendant le forage dans la formation souterraine.

18. Procédé selon la revendication 16, dans lequel la mise en contact d'au moins une partie de la configuration de fond de trou centrée avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la limitation de la déviation latérale
- 25 de l'axe longitudinal du trépan rotatif.

19. Procédé selon une quelconque des revendications 16 – 18, dans lequel la mise en contact d'au moins une partie de la configuration de fond de trou centrée avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la mise en
- 30 contact d'au moins une partie de la configuration de fond de trou centrée avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement

hélicoïdale à une contrainte unitaire inférieure à une contrainte de compression de la formation souterraine.

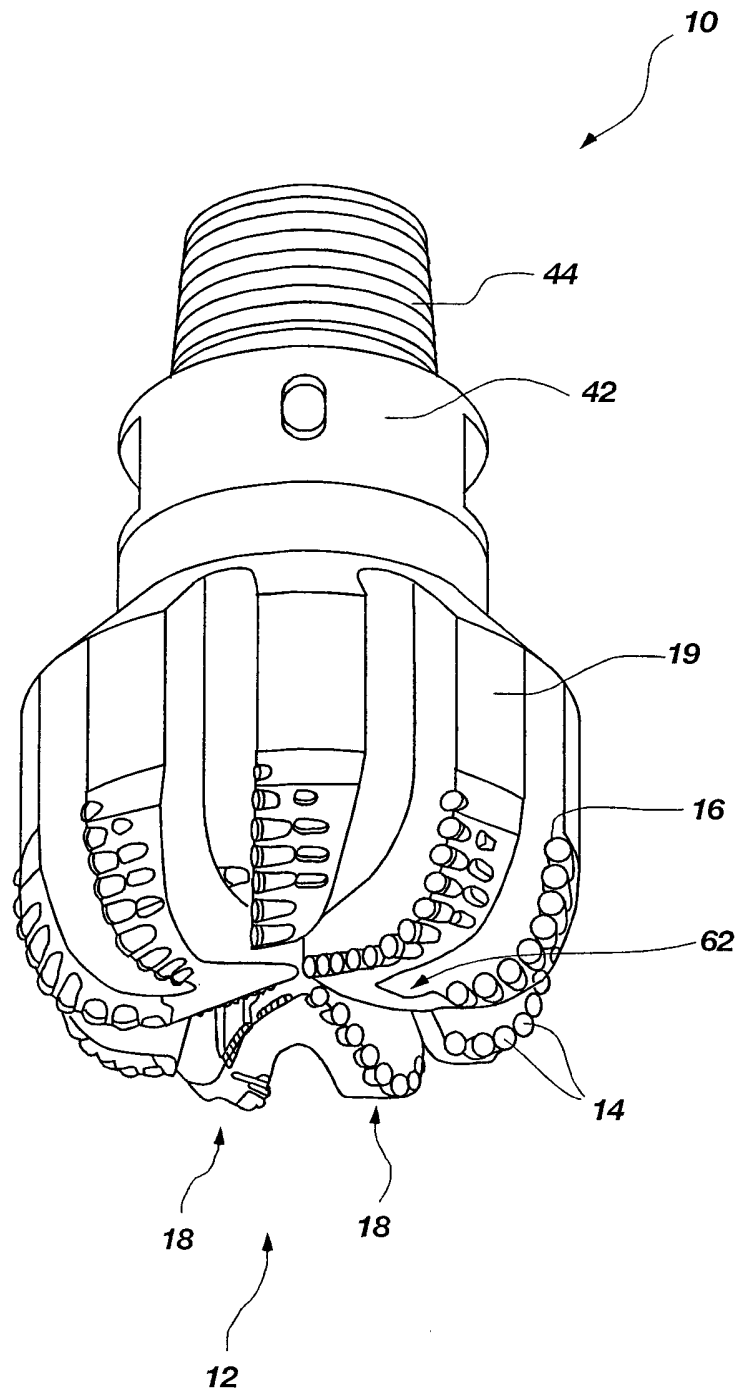
20. Procédé de fonctionnement d'un trépan rotatif pour forage souterrain consistant à :

- 5 prévoir un trépan rotatif ayant un axe longitudinal et au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale ayant au moins un pas d'hélice choisi,
- forer dans une formation souterraine avec le trépan rotatif pour former un trou de forage au sein de la formation souterraine, et
- 10 mettre en contact la formation souterraine avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale en réponse au trépan rotatif traversant la formation souterraine avec un élément de coupe associé audit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale s'avancant
- 15 sensiblement au pas d'hélice choisi.

21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel la mise en contact de la formation souterraine avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la réduction des vibrations du trépan rotatif pendant le forage dans la
- 20 formation souterraine avec le trépan rotatif.

22. Procédé selon la revendication 21, dans lequel la mise en contact de la formation souterraine avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la limitation d'un pas d'hélice du trépan rotatif.

- 25 23. Procédé selon une quelconque des revendications 20 – 22, dans lequel la mise en contact dudit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale comprend la mise en contact de la formation souterraine avec ledit au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale à une contrainte unitaire
- 30 inférieure à une contrainte de compression de la formation souterraine.

**FIG. 1A**

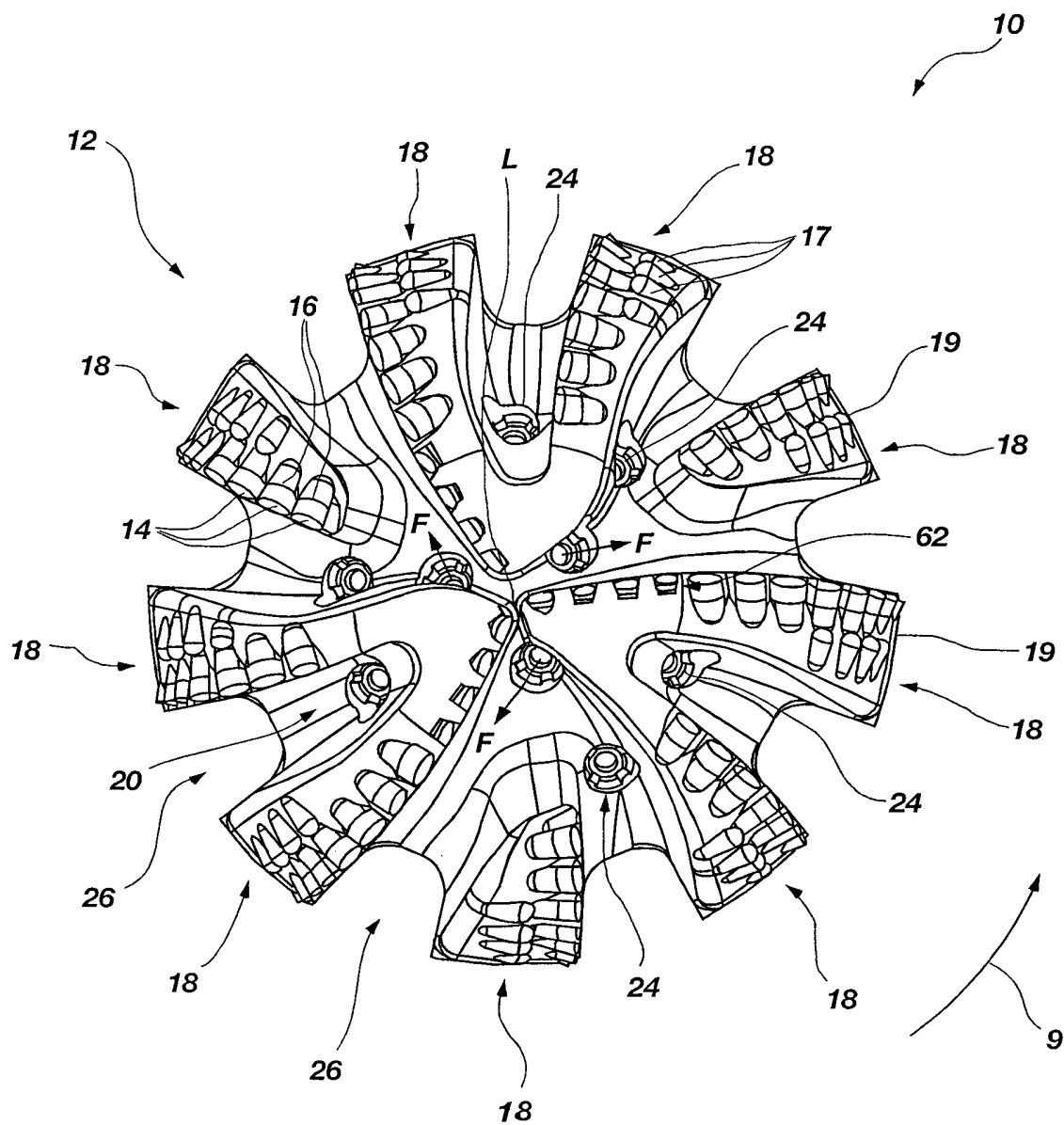
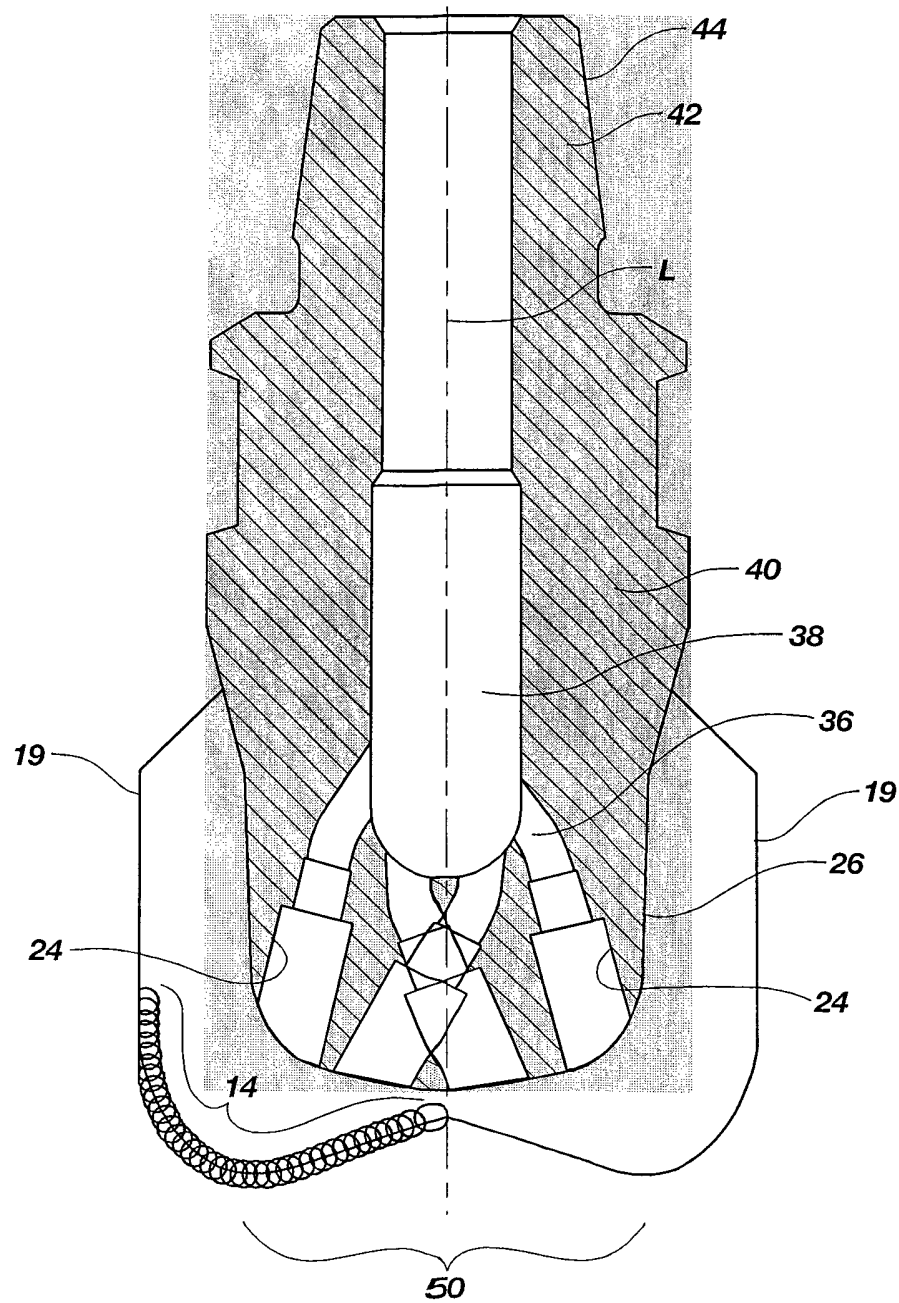


FIG. 1B

**FIG. 1C**

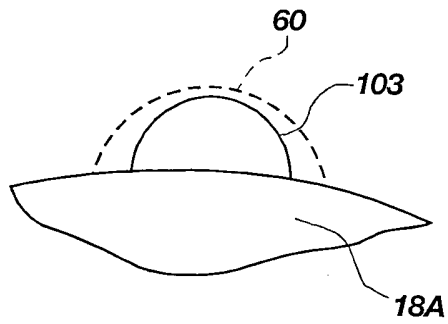


FIG. 2B

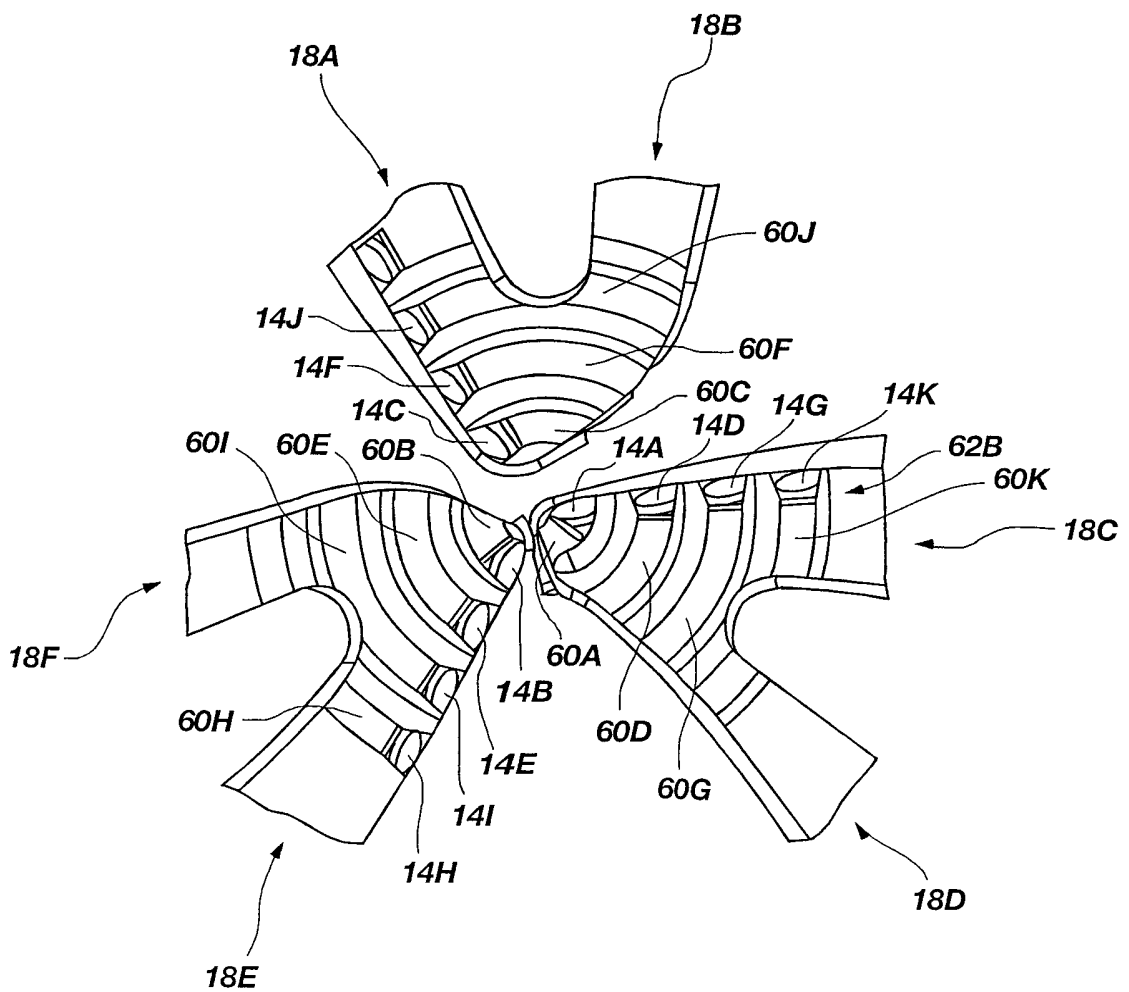


FIG. 3A

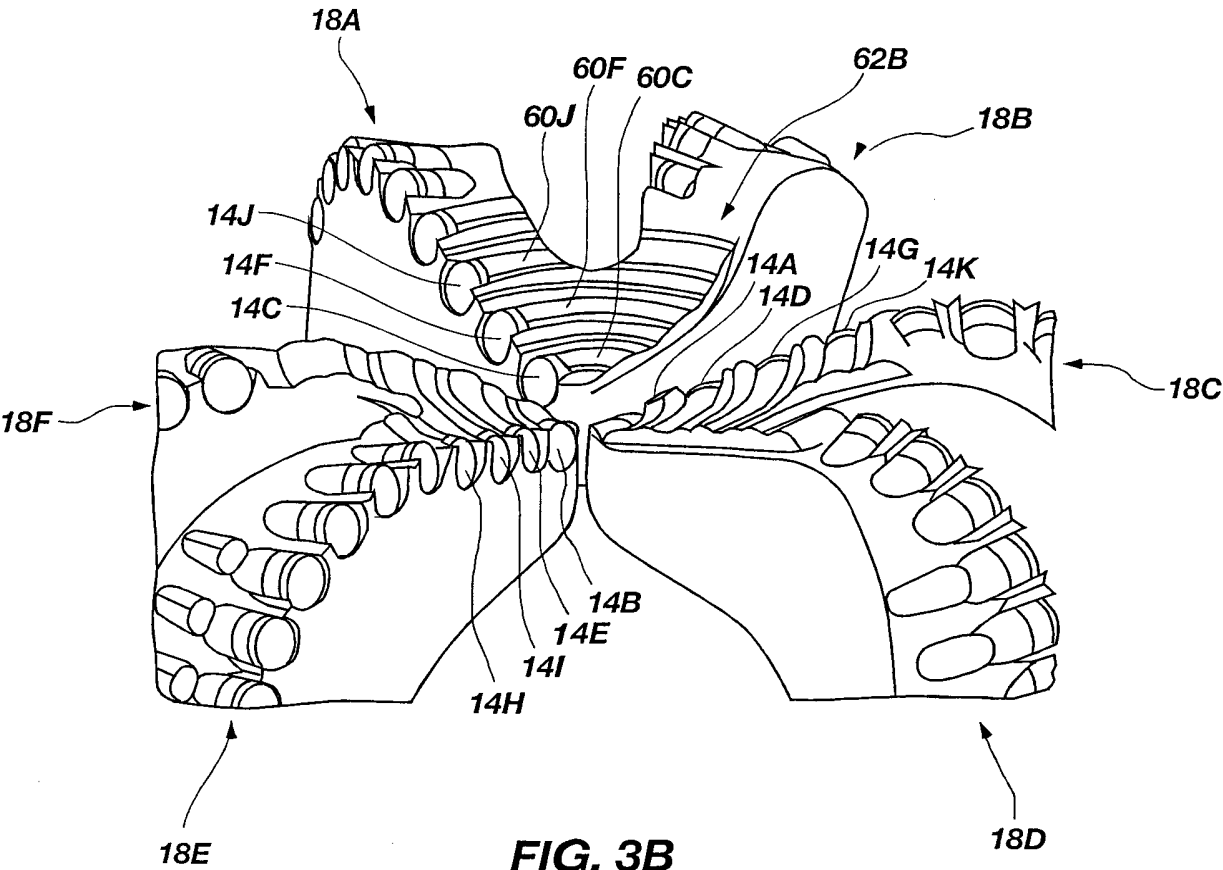


FIG. 3B

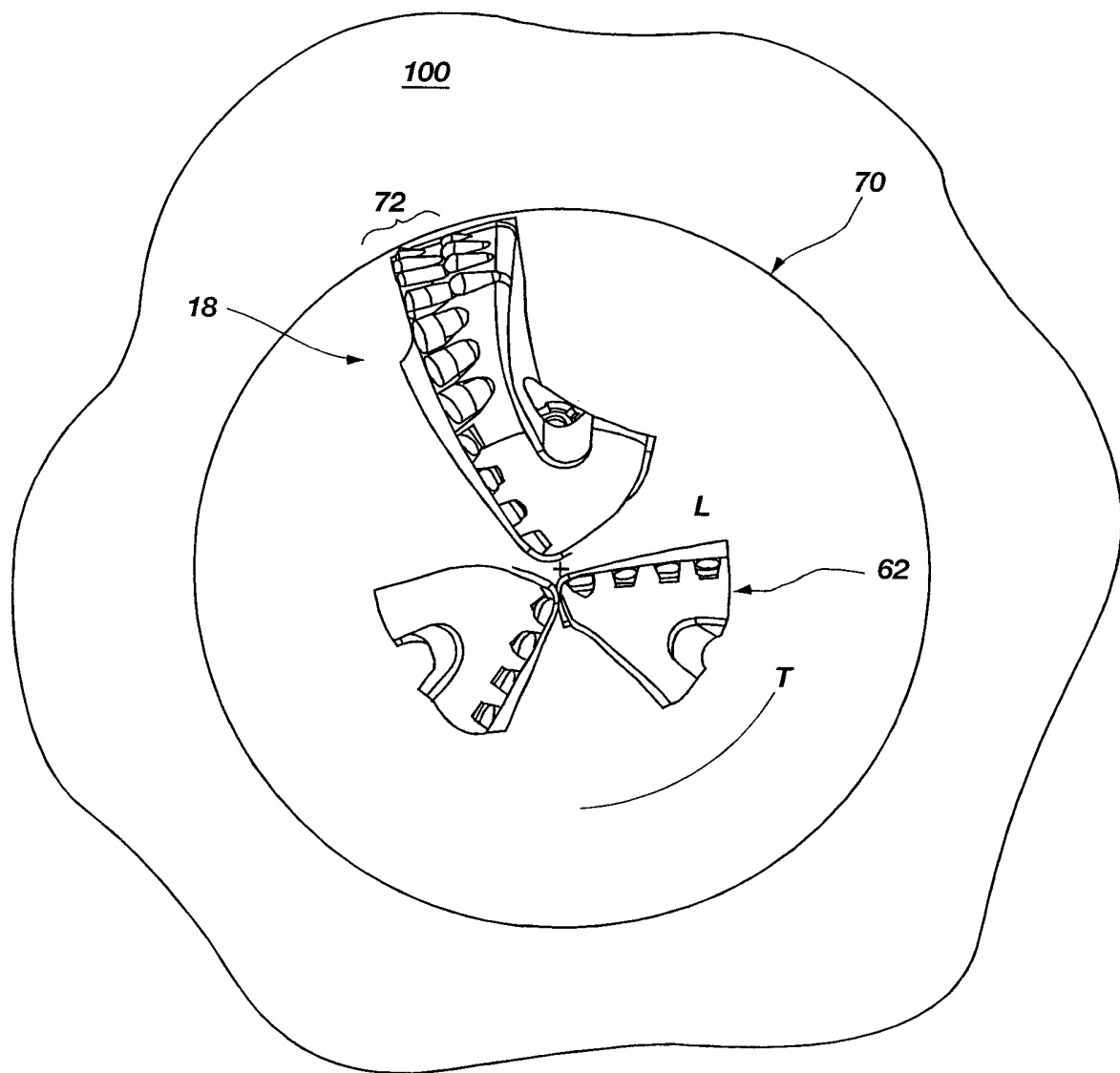


FIG. 4

ABREGE**« Trépans rotatifs comprenant au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale, leurs procédés de fonctionnement et conception »**

5 Un trépan rotatif est divulgué, lequel comprend au moins un élément de coupe fixé à celui-ci et configuré pour former une surface distincte du trou de forage en réponse au forage d'une formation souterraine. Au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale associé audit au moins un élément de coupe peut être formé

10 sur l'extrémité antérieure du trépan rotatif. Par ailleurs, un trépan rotatif peut comprend une pluralité d'éléments s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale. Des méthodes de fonctionnement d'un trépan rotatif sont également divulguées. De manière spécifique, une formation souterraine peut être forée avec un trépan rotatif pour former une

15 configuration de fond de trou centrée avec laquelle au moins un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale du trépan rotatif peut entrer au moins partiellement en contact. Par ailleurs, un élément s'étendant de manière sensiblement hélicoïdale du trépan rotatif peut entrer en contact avec une formation souterraine. Une méthode de

20 conception d'un trépan rotatif est divulguée.



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 9109
BE 200500435

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 1 236 861 A (VAREL INTERNATIONAL, INC) 4 septembre 2002 (2002-09-04) * colonne 4, ligne 9 - ligne 51; figures 2,3 *	1-18, 20-22	INV. E21B10/42
X	US 6 039 131 A (BEATON ET AL) 21 mars 2000 (2000-03-21) * colonne 4, ligne 14 - ligne 33; figure 2 *	1-18, 20-22	
D,X	US 2001/030063 A1 (DYKSTRA MARK W ET AL) 18 octobre 2001 (2001-10-18) * colonne 9, ligne 23 - ligne 42; figures 1,2 *	1-18, 20-22	
X	US 5 090 492 A (KEITH ET AL) 25 février 1992 (1992-02-25) * colonne 3, ligne 36 - ligne 68; figure 3 *	1,4,5, 16-18, 20-22	
X	US 4 848 489 A (DEANE ET AL) 18 juillet 1989 (1989-07-18) * figure 1 *	16,20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) E21B
A	US 6 283 233 B1 (LAMINE ETIENNE ET AL) 4 septembre 2001 (2001-09-04) * abrégé; figures 1,5 *	1,16,20	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 juin 2006		Dantinne, P	
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	

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

BO 9109
BE 200500435

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.

20-06-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1236861	A	04-09-2002	CA 2374086 A1	02-09-2002
			US 2002121393 A1	05-09-2002
US 6039131	A	21-03-2000	GB 2328698 A	03-03-1999
US 2001030063	A1	18-10-2001	BE 1013652 A3	07-05-2002
			GB 2353548 A	28-02-2001
			IT T020000816 A1	25-02-2002
			US 6298930 B1	09-10-2001
US 5090492	A	25-02-1992	AUCUN	
US 4848489	A	18-07-1989	AUCUN	
US 6283233	B1	04-09-2001	BE 1010801 A3	02-02-1999
			WO 9827311 A1	25-06-1998
			CA 2274152 A1	25-06-1998
			DE 69719364 D1	03-04-2003
			DE 69719364 T2	04-12-2003
			EP 0944765 A1	29-09-1999
			NO 992905 A	12-08-1999