



(11) **EP 2 669 470 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.12.2013 Bulletin 2013/49

(51) Int Cl.:
F01B 3/04 (2006.01) **F01L 11/02** (2006.01)
F01B 7/02 (2006.01) **F02B 75/28** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13181010.3**

(22) Date de dépôt: **17.03.2009**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(72) Inventeur: **Daouk, Antar**
75016 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Weber, Jean-François et al**
Cabinet Didier Martin
50 Chemin des Verrières
69260 Charbonnières Les Bains (FR)

(30) Priorité: **17.03.2008 FR 0801436**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
09726478.2 / 2 279 332

(71) Demandeur: **Daouk, Antar**
75016 Paris (FR)

Remarques:

Cette demande a été déposée le 20-08-2013 comme demande divisionnaire de la demande mentionnée sous le code INID 62.

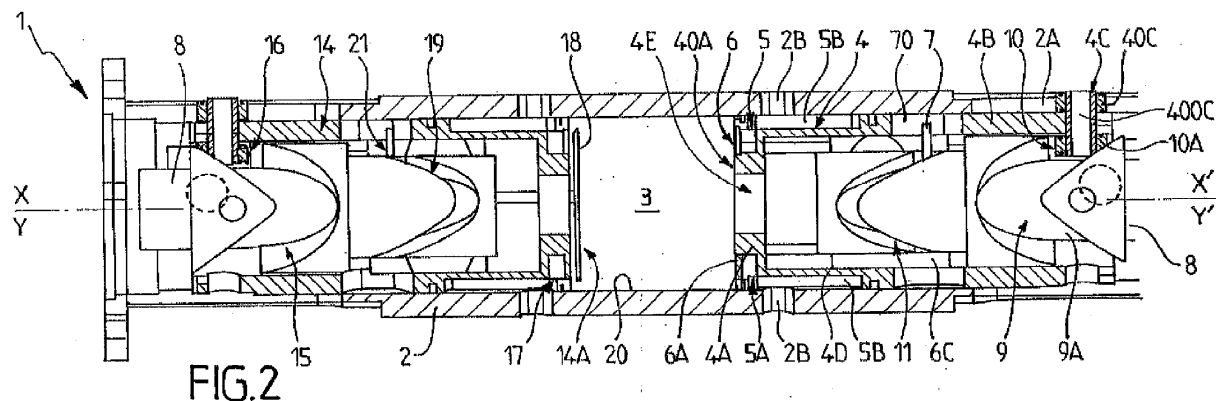
(54) **Moteur à combustion interne**

(57) - Moteur à combustion interne.
- L'invention concerne un moteur à combustion interne comprenant :
- une chambre conçue pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre,
- un premier piston (4) et un deuxième piston qui contribuent tous deux à délimiter le volume de ladite chambre,

- un premier passage est ménagé à travers ledit premier piston (4) pour mettre en communication l'intérieur de la chambre avec l'extérieur, ledit premier passage étant conçu pour évacuer hors de la chambre le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail,
un deuxième passage est ménagé à travers ledit deuxième piston pour mettre en communication l'intérieur de la chambre avec l'extérieur, ledit premier passage étant conçu pour alimenter la chambre en fluide de travail.

ledit moteur étant caractérisé en ce que :

- Moteurs.



Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention se rapporte au domaine technique général des moteurs, et en particulier des moteurs à combustion interne (ou « *moteurs à explosion* »), transformant l'énergie thermique obtenue par combustion, à l'intérieur même du moteur, d'un fluide travail, en énergie mécanique utilisable par exemple pour propulser des véhicules (tels que des automobiles, des motocyclettes, des aéronefs ou des bateaux), pour animer des machines (industrielles ou agricoles), ou encore pour fournir de l'énergie mécanique à des dispositifs de conversion d'énergie, du genre groupes électrogènes.

[0002] L'invention concerne plus précisément un moteur à combustion interne comprenant d'une part une chambre conçue pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre et d'autre part un premier piston qui contribue à délimiter le volume de ladite chambre.

TECHNIQUE ANTERIEURE

[0003] Les moteurs à combustion interne, habituellement désignés par l'appellation « *moteurs à explosion* », sont connus de longue date et largement répandus, puisqu'ils équipent l'immense majorité des voitures automobiles, pour ne citer que ce type d'engins motorisés.

[0004] Les moteurs à combustion interne les plus répandus sont les moteurs « *à quatre temps* », qui mettent en oeuvre un cycle thermodynamique correspondant sensiblement au cycle thermodynamique théorique dit « *de Beau de Rochas* », bien connu dans le domaine.

[0005] L'architecture de ces moteurs à quatre temps connus est généralement basée sur la mise en oeuvre d'un cylindre qui est fermé dans sa partie supérieure par une culasse.

[0006] Le cylindre et la culasse forment une chambre de combustion dont le volume est réglé par la course d'un piston coulissant dans le cylindre selon un mouvement de va-et-vient imparti par les variations de pression résultant des cycles de combustion opérés dans la chambre de combustion. Le piston est lui-même relié à un vilebrequin, par l'intermédiaire d'une bielle, pour transformer le mouvement de translation rectiligne du piston en mouvement de rotation du vilebrequin. La culasse est destinée à accueillir des soupapes d'admission et d'échappement qui permettent respectivement l'admission du fluide combustible (mélange gazeux air-carburant) dans la chambre et l'évacuation hors de la chambre des gaz brûlés résultant de la combustion rapide (déflagration) dudit fluide. Le mouvement des soupapes relativement à la culasse est commandé de façon synchronisée par un ou plusieurs arbre(s) à cames entraîné(s) par le vilebrequin, par exemple à l'aide d'un système de chaîne ou d'engrenage.

[0007] Cette architecture de moteur connue donne gé-

néralement satisfaction, mais n'en présente pas moins de sérieux inconvénients.

[0008] En premier lieu, la présence d'une culasse rapportée sur le cylindre est susceptible d'entraîner des problèmes de fiabilité, en particulier au niveau du joint de culasse interposé entre le cylindre et la culasse. La mise en oeuvre d'une culasse et du joint correspondant limite en outre nécessairement le taux de compression du moteur, puisqu'un taux de compression élevé ou très élevé serait bien entendu susceptible de générer une détérioration du joint de culasse. De plus, ces moteurs connus mettent en oeuvre une chaîne mécanique et cinématique relativement lourde et complexe de renvoi d'effort entre le vilebrequin, l'arbre à cames (lequel est généralement déporté) et les soupapes. Cela constitue bien entendu une source potentielle de défaillance et de perte de rendement énergétique, et ne va pas dans le sens d'une augmentation de la fiabilité ni d'une réduction du prix de revient.

[0009] De manière générale, ces moteurs connus mettent en oeuvre un grand nombre de pièces en mouvement, ce qui correspond à une masse en mouvement importante, susceptible là encore d'engendrer des problèmes d'efficacité et de fiabilité. Par ailleurs, l'architecture de ces moteurs connus est relativement contraignante du point de vue des sections d'admission et d'échappement, qui sont limitées à des valeurs relativement faibles en raison des contraintes d'implantation des soupapes dans la culasse. Enfin, ces moteurs connus s'avèrent être également relativement lourds et encombrants, de sorte que leur implantation au sein d'un véhicule, et notamment au sein d'un véhicule automobile du genre voiture particulière peut s'avérer problématique.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0010] L'invention vise en conséquence à porter remède aux différents inconvénients énumérés précédemment et à proposer un nouveau moteur dont l'architecture est particulièrement simple, efficace et fiable.

[0011] Un autre objet de l'invention est de proposer un nouveau moteur qui mette en oeuvre un nombre minimal de pièces en mouvement, qui soit particulièrement fiable et qui présente un faible encombrement, en particulier en hauteur et en largeur.

[0012] Un autre objet de l'invention vise à proposer un nouveau moteur mettant en oeuvre une liaison mécanique entre les pistons et l'arbre de sortie qui tout en étant particulièrement simple, efficace et fiable, permet de surcroît d'ajuster facilement et rapidement les performances du moteur.

[0013] Un autre objet de l'invention vise à proposer un nouveau moteur mettant en oeuvre une masse en mouvement minimale et susceptible de procurer des sections d'admission et/ou d'échappement importantes.

[0014] Un autre objet de l'invention vise à proposer un nouveau moteur particulièrement compact et qui évite la mise en oeuvre de renvois d'effort et de pièces de trans-

mission déportées.

[0015] Un autre objet de l'invention vise à proposer un nouveau moteur capable d'opérer l'admission et l'échappement de manière particulièrement efficace.

[0016] Un autre objet de l'invention vise à proposer un nouveau moteur qui mette en oeuvre un minimum de pièces différentes.

[0017] Les objets assignés à l'invention sont atteints à l'aide d'un moteur à combustion interne comprenant :

- une chambre conçue pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre,
- un premier piston qui contribue à délimiter le volume de ladite chambre,
- un premier passage ménagé à travers ledit premier piston pour mettre en communication l'intérieur de la chambre avec l'extérieur, ledit premier passage étant conçu pour alimenter la chambre en fluide de travail et/ou évacuer hors de la chambre le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail,
- une première soupape montée sur le premier piston pour contrôler l'ouverture et la fermeture dudit premier passage,
- un arbre de sortie monté coaxialement audit premier piston, l'arbre de sortie et le premier piston coopérant pour convertir le mouvement du premier piston en mouvement rotatif de l'arbre de sortie,

caractérisé en ce que l'arbre de sortie et la première soupape coopèrent pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie en mouvement de la première soupape relativement au premier piston.

DESCRIPTIF SOMMAIRE DES DESSINS

[0018] D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront plus en détails à la lecture de la description qui suit, en référence aux dessins annexés, donnés à titre purement illustratif et non limitatif, dans lesquels :

- La figure 1 illustre, selon une vue de côté en coupe partielle, un exemple de moteur à quatre temps conforme à l'invention.
- La figure 2 illustre, selon une autre vue de côté en coupe partielle, le moteur de la figure 1.
- La figure 3 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures 1 et 2 lors de la mise en oeuvre du premier temps (admission).
- La figure 4 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la fin du

premier temps.

- La figure 5 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la mise en oeuvre du deuxième temps (compression).
- La figure 6 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la mise en oeuvre d'une première phase (explosion) du troisième temps.
- La figure 7 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la mise en oeuvre d'une deuxième phase (détente) du troisième temps.
- La figure 8 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la fin de la détente, lorsque les pistons se trouvent dans une position dite de « *point mort bas* ».
- La figure 9 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors du début du quatrième temps (échappement).
- La figure 10 illustre, selon une vue de côté en coupe, le moteur des figures précédentes lors de la fin de l'échappement.
- La figure 11 illustre, selon une vue de côté en coupe, la liaison mécanique entre l'arbre de sortie et un piston dans le moteur des figures précédentes.
- La figure 12 illustre, selon une vue en perspective, un détail de l'arbre de sortie du moteur des figures précédentes.
- Les figures 13 et 14 illustrent, selon des vues en perspective, un détail de réalisation d'un piston mis en oeuvre dans le moteur des figures précédentes.
- La figure 15 illustre, selon une vue en perspective, une soupape mise en oeuvre dans le moteur des figures précédentes et destinée à être montée sur le piston des figures 13 et 14.
- La figure 16 illustre, selon une vue en perspective, un sous-ensemble unitaire résultant du montage de la soupape de la figure 15 sur les pistons des figures 13 et 14.

MEILLEURE MANIERE DE REALISER L'INVENTION

[0019] L'invention concerne un moteur, c'est-à-dire un dispositif capable de fournir un travail mécanique utilisable notamment pour propulser un véhicule, et par exemple un véhicule automobile, une motocyclette, un aéronef ou un bateau, ou encore pour faire fonctionner une ma-

chine (machine-outil, machine de travaux publics, machine agricole, pompe, compresseur) ou un dispositif de conversion énergétique, tel qu'un générateur. Le moteur 1 conforme à l'invention est un moteur à combustion interne (« *moteur à explosion* »), c'est-à-dire un moteur capable de produire de l'énergie mécanique à partir de la combustion en son sein d'un fluide travail contenant un carburant, et par exemple un carburant à base d'hydrocarbure tel que l'essence. De manière connue en soi, le moteur 1 conforme à l'invention comprend une chambre 3, formant chambre de combustion, et conçue à cet effet pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre 3. Le fluide de travail est donc un fluide combustible et il est de préférence formé d'un gaz constitué d'un mélange d'air et de carburant vaporisé. Ce gaz est destiné à subir une combustion rapide, et plus précisément une explosion (ou encore plus précisément une déflagration), au sein de la chambre 3. Comme envisagé dans ce qui précède, le carburant peut être constitué par un dérivé pétrolier, étant entendu que l'invention n'est absolument pas limitée à un fluide de travail spécifique. Afin de réaliser la chambre 3, le moteur 1 comprend de préférence un cylindre 2, qui se présente par exemple, comme illustré aux figures, sous la forme d'un tube creux, avantageusement rectiligne, d'axe longitudinal d'extension X-X'. Avantageusement, comme illustré aux figures, le cylindre 2 présente une section sensiblement circulaire. Il est cependant tout à fait envisageable que le cylindre 2 présente une section non circulaire, et par exemple une section polygonale, sans pour autant sortir du cadre de l'invention. La paroi intérieure 20 du cylindre 2 contribue à définir, dans le mode de réalisation illustré aux figures, la chambre 3. Afin de surmonter les contraintes thermiques et mécaniques résultant de la combustion du fluide de travail au sein de la chambre 3, le cylindre 2 est préférentiellement réalisé en un matériau présentant une haute tenue mécanique et thermique, comme par exemple un matériau métallique du genre fonte ou alliage aluminium.

[0020] Le moteur 1 conforme à l'invention comprend en outre au moins un premier piston 4 qui contribue à délimiter le volume de la chambre 3. Dans l'exemple illustré aux figures, le premier piston 4 est conçu pour coulisser dans le cylindre 2 selon un mouvement alternatif (c'est-à-dire un mouvement de va-et-vient) sous l'effet de la variation de pression au sein de la chambre 3, ladite variation de pression étant générée, comme cela est bien connu en tant que tel, par les cycles de combustion du fluide de travail au sein de la chambre 3. Ainsi, le premier piston 4 est enfilé à l'intérieur du cylindre 2 et est ajusté hermétiquement contre la paroi interne 20 du cylindre 2, de manière à pouvoir glisser au sein du cylindre 2 selon l'axe X-X', tout en restant en permanence en contact étanche avec la paroi interne 20 dudit cylindre 2. La réalisation du contact étanche entre le premier piston 4 et la paroi interne 20 du cylindre 2 peut être réalisée par tout moyen connu de l'homme du métier, en reprenant et adaptant par exemple les solutions techniques

bien connues et éprouvées mises en oeuvre dans l'art antérieur. Le premier piston 4 présente avantageusement une tête 4A qui contribue à délimiter la chambre 3. La tête 4A présente de préférence une section transversale qui est complémentaire de la section transversale interne du cylindre 2, cette section étant de préférence une section circulaire comme dans les exemples illustrés aux figures. Le premier piston 4 comprend en outre une jupe 4B qui s'étend à partir et à la périphérie de la tête 4A. Avantageusement, le premier piston 4 présente un axe longitudinal d'extension Y-Y', qui correspond à l'axe de symétrie de la section transversale de la tête 4A dudit piston. L'axe longitudinal Y-Y' du premier piston 4 est avantageusement confondu avec l'axe d'extension X-X' du cylindre 2 lorsque le premier piston 4 est installé en position fonctionnelle à l'intérieur du cylindre 2, comme illustré aux figures 1 à 10. Selon le mode de réalisation préférentiel illustré aux figures, le premier piston 4 est conçu pour coulisser dans le cylindre 2 selon un mouvement de translation axiale pure, c'est-à-dire que ledit premier piston 4 est guidé relativement au cylindre 2 pour ne pouvoir se déplacer qu'en translation longitudinale, parallèlement à l'axe X-X', sans rotation du premier piston 4 sur lui-même. En d'autres termes, le premier piston 4 est dans ce cas lié mécaniquement au cylindre 2 par une liaison glissière. Un tel guidage axial du premier piston 4 en translation pure dans le cylindre 2 permet de limiter non seulement les problèmes de vibrations et d'usure prématurée du piston contre la chemise rencontrée dans les moteurs de l'art antérieur, mais également les problèmes de perte d'efforts rencontrés dans ces mêmes moteurs. Ces problèmes proviennent en effet essentiellement du fait que dans l'art antérieur, les pistons ne sont pas directement guidés dans le cylindre, mais le sont indirectement par l'embellage qui travaille de manière désaxée lors des mouvements du piston sous charge. Il existe bien entendu une multitude de possibilités techniques, bien connues de l'homme du métier, pour réaliser une telle liaison glissière entre le premier piston 4 et le cylindre 2. Dans le mode de réalisation illustré aux figures, cette liaison glissière, qui permet au premier piston 4 de coulisser dans le cylindre 2 selon un mouvement de translation rectiligne sensiblement pure, est réalisée par la coopération d'au moins un coulisseau 4C monté sur le premier piston 4 et d'une glissière correspondante 2A ménagée dans le cylindre 2 et s'étendant sensiblement parallèlement à l'axe X-X' d'extension longitudinale dudit cylindre 2. De préférence, afin d'assurer un guidage équilibré du premier piston 4 relativement au cylindre 2, le premier piston 4 est pourvu de deux coulisseaux disposés de façon diamétralement opposée sur le piston par rapport à l'axe Y-Y' de symétrie de ce dernier. Afin d'améliorer le contact coulisseau/glissière, en vue notamment de limiter les frottements qui nuisent au rendement du moteur, chaque coulisseau comprend avantageusement un galet 40C monté à rotation sur un axe 400C lui-même monté dans un orifice 40B ménagé à travers la jupe 4B, de manière à ce que ledit axe 400C

s'étende sensiblement radialement par rapport à l'axe d'extension X-X' du piston 4. Pour des raisons de clarté des figures, le deuxième coulisseau n'a pas été représenté sur les figures où n'est visible que l'orifice de montage 41 B, ménagé dans la jupe 4B, pour le montage de ce deuxième coulisseau. Chaque galet 40C est conçu pour rouler dans la glissière 2A correspondante, qui consiste avantageusement, comme illustré aux figures, en une rainure rectiligne ménagée dans la paroi interne 20 du cylindre 2, à la surface de ladite paroi interne 20, en regard du galet correspondant. L'invention n'est cependant absolument pas limitée à la mise en oeuvre d'un premier piston 4 monté selon une liaison glissière dans le cylindre 2. Il est par exemple tout à fait envisageable, sans pour autant que l'on sorte du cadre de l'invention, que le premier piston 4 subisse, au cours de son mouvement de va-et-vient, une rotation sur lui-même autour de son axe Y-Y', de telle sorte que le mouvement du premier piston 4 dans le cylindre 2 n'est dans ce cas pas un mouvement de translation axiale pure mais un mouvement de translation hélicoïdale.

[0021] Conformément à l'invention, le moteur 1 comprend un premier passage 5 ménagé à travers le premier piston 4 pour mettre en communication l'intérieur de la chambre avec l'extérieur, ledit premier passage 5 étant conçu pour alimenter la chambre 3 en fluide de travail et/ou évacuer hors de la chambre le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail dans la chambre 3. Le premier passage 5 permet ainsi de faire transiter du fluide directement à travers le premier piston 4 lui-même, de l'extérieur vers la chambre 3 et/ou de la chambre 3 vers l'extérieur. L'invention repose donc notamment sur l'idée de réaliser l'admission et/ou l'échappement à travers un passage ménagé dans le piston lui-même, et non dans une culasse rapportée sur le cylindre comme dans l'art antérieur. L'invention permet ainsi de s'affranchir d'une culasse rapportée ce qui simplifie le moteur et contribue à en augmenter la fiabilité tout en en réduisant le coût de revient. Cela permet également un meilleur rendement grâce à la possibilité de mettre en oeuvre des taux de compression très élevés, du fait de l'absence d'une culasse rapportée et du joint correspondant. La mise en oeuvre d'une culasse rapportée n'est cependant absolument pas exclue et il est tout à fait envisageable qu'un moteur conforme à l'invention comporte une telle culasse, même si cela ne correspond pas à un mode de réalisation préféré.

[0022] Dans l'exemple illustré aux figures, la tête 4A du premier piston 4 comporte une face avant 40A qui constitue le sommet de la tête 4 et qui est perpendiculaire à l'axe Y-Y'. La face avant 40A forme directement une paroi de la chambre 3, et plus précisément une paroi mobile qui se déplace dans le cylindre 2 sous l'effet du mouvement du premier piston 4. Le premier passage 5 est avantageusement conçu pour permettre un transfert de fluide à travers cette face avant 40A qui contribue à délimiter la chambre 3. Dans l'exemple illustré aux figures, la tête du piston 4A présente une forme sensiblement

cylindrique avec une paroi latérale annulaire 4D qui s'étend à partir et à la périphérie de la face avant 4C. La face avant 4C présente en outre une concavité circulaire 400A en forme de couronne, ladite concavité présentant un fond à partir duquel s'élève un bord latéral circulaire. Dans cet exemple de réalisation, le premier passage 5 est constitué d'une pluralité d'orifices 5A ménagés selon une distribution angulaire régulière dans le bord circulaire de la concavité et débouchant dans des coupelles allongées 5B correspondantes ménagées à la surface de la paroi latérale 4D de la tête 4A. Chaque coupelle 5B est de préférence elle-même conçue pour se trouver au moment opportun en regard d'un orifice 2B correspondant ménagé à travers le cylindre 2 et plus précisément à travers toute l'épaisseur de la paroi latérale tubulaire dudit cylindre 2. L'orifice 2B est lui-même en communication avec un composant d'admission de carburant (carburateur, injecteur ou autre), et/ou avec le système d'échappement, selon que le premier passage 5 est utilisé pour l'admission et/ou l'échappement.

[0023] L'association de l'orifice 5A et de sa coupelle correspondante 5B avec l'orifice 2B complémentaire constitue ainsi un conduit étanche permettant l'admission de gaz frais et/ou l'échappement de gaz brûlés.

[0024] Comme illustré aux figures, le moteur 1 comprend une première soupape 6 conçue pour contrôler l'ouverture et la fermeture du premier passage 5. En d'autres termes, la première soupape 6 interagit avec le premier passage 5 pour autoriser la mise en communication de l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur par l'intermédiaire du premier passage 5 ou au contraire fermer le premier passage 5 de façon à interdire la mise en communication de l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur par l'intermédiaire du premier passage 5. La première soupape 6 pourrait par exemple être montée sur le cylindre 2, pour coopérer directement avec les orifices 2B ménagés dans ledit cylindre 2. Il est cependant beaucoup plus avantageux de prévoir, comme dans le mode de réalisation illustré aux figures, que la première soupape 6 est montée sur le premier piston 4 pour contrôler l'ouverture et la fermeture du premier passage 5. Le montage de la première soupape 6 directement sur le premier piston 4 permet de bénéficier d'un premier passage 5 de section utile importante, ce qui est intéressant pour l'efficacité d'admission ou d'échappement, sans pour autant compliquer et alourdir l'architecture du moteur puisque le placement de la soupape sur le piston permet avantageusement de commander de manière simultanée l'ouverture/fermeture de tous les orifices 5A contribuant à former le premier passage 5. Il est donc particulièrement avantageux de prévoir, comme cela est illustré aux figures, un sous-ensemble unitaire constitué par le premier piston 4 et la première soupape 6, cette dernière étant embarquée sur le premier piston 4. De préférence, la première soupape 6 est montée à coulissement sur le premier piston 4, entre au moins une position de fermeture (illustrée notamment à la figure 11) dans laquelle elle bouche hermétiquement le premier passage 5, et

plus précisément les orifices 5A, et d'autre part au moins une position d'ouverture (illustrée notamment à la figure 16) dans laquelle elle libère le premier passage 5 de sorte que ce dernier autorise la mise en communication, par son intermédiaire, de la chambre 3 avec l'extérieur. Avantageusement, la première soupape 6 présente un axe de symétrie S-S' et est montée à coulissement axial sur le piston 4, de façon à pouvoir glisser relativement audit premier piston 4 sensiblement parallèlement à l'axe Y-Y' dudit piston, les axes Y-Y' et S-S' étant confondus. Le montage de la première soupape 6 à coulissement axial relativement au premier piston 4 peut être réalisé par tout moyen connu de l'homme du métier. De manière préférentielle, la première soupape 6 comprend au moins un pion de guidage 7 qui s'étend sensiblement radialement par rapport à l'axe S-S', et de préférence deux pions de guidage positionnés de façon diamétralement opposée relativement à l'axe S-S'. Avantageusement, chaque pion de guidage 7 est conçu pour se déplacer en translation dans une lumière oblongue de guidage 70 complémentaire ménagée dans la jupe 4B du piston 4. Dans l'exemple illustré aux figures, la première soupape 6 comporte plus précisément une garniture d'étanchéité 6A, qui se présente sous la forme d'une couronne circulaire sensiblement plate destinée à venir s'insérer dans la concavité 400A de forme complémentaire ménagée sur la face avant 40A de la tête 4A du premier piston 4. Lorsque la première soupape 6 se trouve dans sa position de fermeture, la garniture 6A est plaquée au fond de la concavité pour obturer de manière étanche les orifices 5A. Au contraire, lorsque la première soupape 6 se trouve dans sa position d'ouverture, la garniture 6A se trouve à distance du fond de la concavité, ce qui libère les orifices 5A et permet un transit de fluide par leur intermédiaire. La garniture 6A est avantagement solidaire, par l'intermédiaire de bras 6B (par exemple au nombre de trois, répartis angulairement de manière régulière), d'une jupe de soupape 6C tubulaire sur laquelle est monté chaque pion de guidage 7.

[0025] Avantagement, la jupe de soupape 6C est conçue pour glisser à l'intérieur de la jupe 4B du premier piston 4, contre ladite jupe de piston 4B, les bras 6B traversant le fond de la concavité 400A par des ouvertures de passage ménagées dans ledit fond. Lesdits bras 6B glissent dans les ouvertures de passage en question de manière ajustée et étanche, pour éviter toute fuite par lesdites ouvertures de passage.

[0026] Tel qu'illustré aux figures, le moteur 1 comprend un arbre de sortie 8 monté coaxialement au premier piston 4, l'arbre de sortie 8 et le premier piston 4 coopérant pour convertir le mouvement du premier piston 4 en mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8. De manière préférentielle, la coopération entre l'arbre de sortie 8 et le premier piston 4 est réciproque, c'est-à-dire qu'elle permet de convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8 en mouvement du premier piston 4, c'est-à-dire en l'occurrence en mouvement alternatif (de va-et-vient) dudit premier piston 4. L'arbre de sortie 8 présente de préfé-

rence un caractère rectiligne et s'étend selon un axe longitudinal Z-Z' qui est avantagement confondu avec l'axe X-X' du cylindre 2, ainsi qu'en l'occurrence avec l'axe Y-Y' du premier piston 4 et l'axe S-S' de la première soupape 6. De manière préférentielle, l'arbre de sortie 8 traverse le premier piston 4, c'est-à-dire que ledit premier piston 4 est enfilé sur l'arbre de sortie 8. A cet effet, le premier piston 4 est pourvu d'un orifice central 4E par lequel passe l'arbre de sortie 8, ce dernier étant enfilé de manière ajustée dans l'orifice 4E de manière à permettre au premier piston 4 de coulisser le long de l'arbre de sortie 8 tout en restant en contact étanche avec ledit arbre de sortie 8, et éviter ainsi toute mise en communication de l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur par l'intermédiaire de l'interface entre l'arbre de sortie 8 et le premier piston 4. Il convient de noter que pour des raisons de simplicité et de clarté, une portion centrale de l'arbre de sortie 8, qui traverse la chambre 3, a été omise dans les figures 1 et 2.

[0027] De préférence, l'arbre de sortie 8 et le premier piston 4 coopèrent directement pour la conversion du mouvement du premier piston 4 en mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8 et réciproquement. A cet effet, le premier piston 4 et l'arbre de sortie 8 sont pourvus de moyens de transmission d'effort complémentaires conçus pour convertir le mouvement alternatif (de translation axiale pure dans l'exemple illustré aux figures) du premier piston 4 en mouvement rotatif, et plus précisément en mouvement rotatif continu selon un sens unique de rotation, de l'arbre de sortie 8. En d'autres termes, les moyens de transmission d'effort complémentaires équipant le premier piston 4 et l'arbre de sortie 7 permettent de transformer le mouvement de va-et-vient rectiligne du premier piston 4 en rotation de l'arbre de sortie 7 sur lui-même, selon son axe Z-Z'. La variante du moteur 1 conforme à l'invention illustrée aux figures fonctionne donc selon le principe général suivant :

- les variations de pression au sein de la chambre 3, obtenues par des cycles de déflagration d'un mélange détonant (du type mélange air/carburant vaporisé), entraînent un mouvement alternatif rectiligne du premier piston 4,
- le premier piston 4 entraîne lui-même en rotation l'arbre de sortie 8, lequel constitue l'arbre moteur destiné à être raccordé à l'objet à entraîner, par exemple aux roues d'un véhicule automobile.

[0028] Une telle conception évite la mise en oeuvre de renvoi d'effort selon différents axes de travail, comme dans l'art antérieur, et permet au contraire une transmission directe de l'action du premier piston 4 sur l'arbre de sortie 8. En d'autres termes, le premier piston 4 entraîne directement l'arbre de sortie 8 en rotation, ce qui confère au moteur 1 un caractère particulièrement compact, ce dernier pouvant ainsi être facilement intégré dans le châssis d'un véhicule.

[0029] Une telle conception est également de nature à améliorer le centre de gravité du véhicule grâce au caractère essentiellement longitudinal du moteur 1, qui autorise le positionnement dudit moteur 1 selon l'axe de symétrie dudit véhicule. Grâce à l'entraînement direct et coaxial de l'arbre de sortie 8 par le premier piston 4, les effets de torsion auxquels est soumis l'arbre de sortie 8 sont largement minimisés par rapport à ceux impartis aux vilebrequins par les bielles des moteurs de l'art antérieur.

[0030] Avantageusement, le moteur 1 comprend un premier chemin de guidage 9 solidaire de l'arbre de sortie 8, et de préférence formé (c'est à dire réalisé directement ou rapporté) sur l'arbre de sortie 8, à la surface de ce dernier. Avantageusement, le moteur 1 comprend également un premier élément de guidage 10 solidaire du premier piston 4, ledit premier élément de guidage 10 étant monté pour se déplacer le long du premier chemin de guidage 9, pour convertir le mouvement du premier piston 4 en mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8. Avantageusement, comme illustré aux figures, le premier chemin de guidage 9 présente une forme sensiblement ondulée, et de façon encore plus préférentielle une forme sensiblement sinusoïdale. Plus précisément, dans l'exemple illustré aux figures, le premier chemin de guidage 9 s'étend selon un profil annulaire autour de l'axe longitudinal d'extension Z-Z' de l'arbre de sortie 8. Avantageusement, le moteur 1 comprend une première bague 8A montée sur l'arbre de sortie 8, ladite première bague 8A portant ledit premier chemin de guidage 9. La première bague 8A peut être ainsi constituée d'une pièce annulaire distincte de l'arbre de sortie 8 et enfilée sur ce dernier. Dans ce cas, la première bague 8A est montée sur l'arbre de sortie 8 de façon à être solidaire en rotation (autour de l'axe X-X') de l'arbre de sortie 8. Il est également tout à fait envisageable que la première bague 8A vienne de matière avec l'arbre de sortie 8. De préférence, le premier chemin de guidage 9 comprend une première rainure 9A ménagée à la surface de la première bague 8A (c'est-à-dire de l'arbre de sortie 8 lorsque la bague 8A se confond avec l'arbre de sortie 8) tandis que le premier élément de guidage 10 comprend un premier doigt qui fait saillie du premier piston 4 et s'engage dans ladite première rainure 9A. De préférence, le premier élément de guidage 10 comprend deux doigts disposés de manière diamétralement opposée relativement à l'axe Y-Y' et engageant la même première rainure 9A. Afin d'améliorer le contact entre le premier élément de guidage 10 et la première rainure 9A, le premier doigt comprend avantageusement un galet 10A monté à rotation sur un axe lui-même monté dans un orifice ménagé à travers la jupe 4B, de manière à ce que ledit axe s'étende sensiblement radialement par rapport à l'axe d'extension X-X' du piston 4. De préférence, l'axe en question correspond à l'axe 400C sur lequel est monté le galet 40C. Dans ce mode de réalisation particulièrement simple et fiable, le galet 10A est monté sur l'axe 400C, à l'intérieur de la jupe 4B, pour engager la rainure sinusoïdale cor-

respondante 9A, tandis que le galet 40C est monté sur le même axe 400C, à l'extérieur de la jupe 4B, pour engager la rainure rectiligne 2A correspondante.

[0031] Comme illustré aux figures, l'arbre de sortie 8 et la première soupape 6 coopèrent pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8 en mouvement de la première soupape 6 relativement au premier piston 4. Ainsi, la position de la première soupape 6 par rapport au premier piston 4, et donc le contrôle de l'ouverture et de la fermeture du premier passage 5, sont commandés directement par l'arbre de sortie 8, lequel interagit, de préférence directement, avec la première soupape 6 pour impartir à cette dernière un mouvement, et par exemple un mouvement alternatif de translation axiale comme dans le mode de réalisation illustré aux figures. A cette fin, le moteur 1 comprend avantageusement un deuxième chemin de guidage 11 solidaire de l'arbre de sortie 8 et de préférence formé (c'est à dire réalisé directement ou rapporté) sur l'arbre de sortie 8, à la surface de ce dernier. Avantageusement, le moteur 1 comprend également un deuxième élément de guidage 12 solidaire de la première soupape 6, ledit deuxième élément de guidage 12 étant monté pour se déplacer le long du deuxième chemin de guidage 11, pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8 en mouvement de la première soupape 6 relativement au premier piston 4, et plus particulièrement en mouvement alternatif (c'est-à-dire de va-et-vient) axial rectiligne. Avantageusement, et comme illustré aux figures, le deuxième chemin de guidage 11 présente une forme sensiblement ondulée, et de manière encore plus préférentielle une forme sensiblement sinusoïdale. De préférence le deuxième chemin de guidage ne présente pas un profil purement sinusoïdal, façon à permettre au moment opportun, l'admission et l'échappement, comme expliqué plus en détails ci-après. Par exemple, le profil du deuxième chemin de guidage 11 suit celui du premier chemin de guidage 9 lors des phases de compression et de détente (la soupape 6 devant être fermée), tandis que lors des phases d'admission et d'échappement, le profil du deuxième chemin de guidage 11 est décalé par rapport à celui du premier chemin de guidage 9, de façon à permettre l'ouverture et la fermeture de la soupape 6 en temps utile.

[0032] De préférence, tout comme le premier chemin de guidage 9, le deuxième chemin de guidage 11 s'étend selon un profil annulaire autour de l'axe longitudinal d'extension Z-Z' de l'arbre de sortie 8. Avantageusement, le moteur 1 comprend une deuxième bague 8B montée sur l'arbre de sortie 8, ladite deuxième bague 8B portant ledit deuxième chemin de guidage 11. La deuxième bague 8B peut être ainsi constituée d'une pièce annulaire distincte de l'arbre de sortie 8 et enfilée sur ce dernier. Dans ce cas, la deuxième bague 8B est montée sur l'arbre de sortie 8 de façon à être solidaire en rotation (autour de l'axe X-X') de l'arbre de sortie 8. Il est également tout à fait envisageable que la deuxième bague 8B vienne de matière avec l'arbre de sortie 8.

[0033] De préférence, le premier chemin de guidage

9 comprend une première rainure 9A ménagée à la surface de la première bague 8A (c'est-à-dire de l'arbre de sortie 8 lorsque la bague 8A se confond avec l'arbre de sortie 8) tandis que le premier élément de guidage 10 comprend un premier doigt qui fait saillie du premier piston 4 et s'engage dans ladite première rainure 9A. Dans le mode de réalisation préférentiel illustré aux figures, le deuxième chemin de guidage 11 comprend une deuxième rainure 13 ménagée à la surface de la deuxième bague 8B (c'est-à-dire de l'arbre de sortie 8 lorsque la bague 8B se confond avec l'arbre de sortie 8) tandis que le deuxième élément de guidage 12 comprend un deuxième doigt qui fait saillie de la première soupape 6 et s'engage dans ladite deuxième rainure 13. Ainsi, il est particulièrement avantageux de mettre en oeuvre un accouplement mécanique entre la soupape 6 et l'arbre de sortie 8 qui soit sensiblement similaire, dans son principe au moins, à l'accouplement mécanique existant entre le premier piston 4 et ce même arbre de sortie 8. De manière préférentielle, le deuxième élément de guidage 12 est formé par une tige cylindrique qui s'étend à travers la jupe 6C de la première soupape 6, la première extrémité de ladite tige, située à l'extérieur de ladite jupe 6C, formant le pion de guidage 7, tandis que la seconde extrémité opposée, située à l'intérieur de ladite jupe 6C, forme le deuxième élément de guidage proprement dit, lequel qui s'étend sensiblement radialement par rapport à l'axe S-S'. De préférence, le deuxième élément de guidage 12 est formé par deux tiges cylindriques positionnées de façon diamétralement opposée relativement à l'axe S-S' (seule l'une de ces tiges est représentée aux figures, pour des raisons de simplicité et de clarté des dessins). Avantageusement, et comme illustré à la figure 12, les première et deuxième bague 8A, 8B sont formées par une seule et même pièce d'un seul tenant, laquelle porte à la fois le premier chemin de guidage 9 et le deuxième chemin de guidage 11. Il est toutefois envisageable, dans un mode de réalisation alternatif, que les première et deuxième bague 8A, 8B soient formées par des pièces distinctes et indépendantes. Dans ce cas, il est par exemple avantageux que la première bague 8A soit montée fixe (ou même mobile, en translation et/ou rotation) sur l'arbre de sortie 8, et que la deuxième bague 8B soit montée mobile sur l'arbre de sortie 8, et de préférence soit capable de tourner, relativement à l'arbre de sortie 8 et à la première bague 8A, selon l'axe X-X'. Dans ce mode de réalisation préférentiel, la position angulaire de la deuxième bague 8B relativement à l'arbre de sortie 8 peut être ainsi avantageusement ajustée, par tout moyen approprié, ce qui permet par exemple de régler l'admission en fonction du régime du moteur 1. Il suffit ainsi de faire tourner légèrement la deuxième bague 8B relativement à l'arbre 8 pour agir sur la vitesse et/ou le moment d'ouverture de la première soupape 6. Il est également envisageable que la deuxième bague 8B soit montée mobile en translation relativement à l'arbre de sortie 8, pour régler la position de la première soupape 6 en fonction de l'avancement du cycle thermodynamique du mo-

teur 1.

[0034] Avantageusement, le moteur 1 conforme à l'invention comprend un deuxième piston 14 qui contribue également à délimiter le volume de la chambre 3. De préférence et comme illustré aux figures, le moteur 1 comprend ainsi dans ce cas un cylindre 2 au sein duquel le premier et le deuxième piston 4, 14 sont montés à coulissement axial. Dans ce mode de réalisation particulièrement avantageux, qui est illustré aux figures, la chambre 3 est de préférence formée par l'espace interstitiel séparant le premier et le deuxième piston 4, 14 dans le cylindre 2. En d'autres termes, la chambre 3 correspond dans ce cas à l'espace libre de volume variable situé à l'intérieur du cylindre 2, entre les pistons 4, 14. Avantageusement, comme illustré aux figures, les premier et deuxième pistons 4, 14 sont montés en opposition au sein du cylindre 2, c'est-à-dire de telle sorte que leurs têtes respectives 4A, 14A se font face. La chambre 3 s'étend ainsi dans l'espace délimité axialement par les têtes 4A, 14A des premier et deuxième pistons 4, 14 et radialement par la paroi interne 20 du cylindre 2 s'étendant entre lesdites têtes 4A, 14A desdits pistons 4, 14. La chambre 3 présente donc un volume variable qui dépend de la position relative du premier et du deuxième piston 4, 14.

[0035] Avantageusement, le premier piston 4 et le deuxième piston 14 sont conçus pour se déplacer selon des mouvements de va-et-vient opposés, de telle sorte que lesdits pistons 4, 14 se rapprochent et s'éloignent l'un de l'autre sensiblement simultanément. En d'autres termes, le premier piston 4 et le deuxième piston 14 se déplacent de manière symétrique par rapport au plan médian de la chambre 3, perpendiculaire à l'axe X-X'. Dans le mode de réalisation préférentiel illustré aux figures, chaque piston 4, 14 est conçu pour se déplacer dans le cylindre 2 de manière individuelle, c'est-à-dire indépendamment de l'autre piston. De préférence, le deuxième piston 14 est identique au premier piston 4 et il est également monté dans le moteur 1 de manière identique audit premier piston 4. Dans ce mode de réalisation avantageux, qui est illustré aux figures, l'arbre de sortie 8 est donc également monté coaxialement au deuxième piston 14, l'arbre de sortie 8 et le deuxième piston 14 coopérant pour convertir le mouvement du deuxième piston 14 en mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8. A cette fin, le moteur 1 comprend de préférence un troisième chemin de guidage 15 solidaire de l'arbre de sortie 8 et de préférence formé (c'est à dire réalisé directement ou rapporté) sur l'arbre de sortie 8, à la surface de ce dernier. Avantageusement, le moteur 1 comprend en outre un troisième élément de guidage 16 solidaire du deuxième piston 14, ledit troisième élément de guidage 16 étant monté pour se déplacer le long du troisième chemin de guidage 15, pour convertir le mouvement du deuxième piston 14 en mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8, de concert avec le premier piston 4. De préférence, le troisième chemin de guidage 15 présente une forme sensiblement ondulée qui est avantageusement symétrique

de la forme du premier chemin de guidage 9 par rapport au plan médian de la chambre 3 perpendiculaire à l'axe X-X'. Avantageusement, les structures du troisième chemin de guidage 15 et du troisième élément de guidage 16 sont respectivement identiques aux structures du premier chemin de guidage 9 et du premier élément de guidage 10.

[0036] Avantageusement, le moteur 1 comprend une troisième bague montée sur l'arbre de sortie 8, ladite troisième bague portant ledit troisième chemin de guidage 15. La troisième bague peut être ainsi constituée d'une pièce annulaire distincte de l'arbre de sortie 8 et enfilée sur ce dernier. Dans ce cas, la troisième bague est montée sur l'arbre de sortie 8 de façon à être solidaire en rotation (autour de l'axe X-X') de l'arbre de sortie 8. Il est également tout à fait envisageable que la troisième bague vienne de matière avec l'arbre de sortie 8. De préférence, le troisième chemin de guidage 15 comprend une troisième rainure ménagée à la surface de la première bague 8A (c'est-à-dire de l'arbre de sortie 8) lorsque la bague 8A se confond avec l'arbre de sortie 8) tandis que le troisième élément de guidage 16 comprend un troisième doigt à galet qui fait saillie du deuxième piston 14 et s'engage dans ladite troisième rainure. En définitive, dans l'exemple illustré aux figures, le moteur 1 présente une symétrie globale par rapport au plan médian de la chambre 3, c'est-à-dire le plan qui passe par le centre de la chambre 3 et qui est perpendiculaire à l'axe X-X' d'extension longitudinal du cylindre 2. Il s'avère particulièrement intéressant de combiner :

- une chambre 3 délimitée par deux pistons 4, 14 travaillant en opposition,
- et la réalisation d'un passage 5 ménagé au sein et à travers l'un desdits pistons pour mettre en communication l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur.

[0037] En effet, lorsque le premier passage 5 est ouvert, c'est-à-dire lorsque la chambre 3 est mise en communication avec l'extérieur par l'intermédiaire dudit premier passage 5, les mouvements de va-et-vient du premier piston 4 procurent des effets de compression et d'aspiration moins efficaces, puisque la section de poussée ou d'aspiration dudit piston 4, qui correspond à la face avant 40A n'est alors pas étanche (puisque la soupape 6 est ouverte).

[0038] La mise en oeuvre d'un deuxième piston 14 travaillant en opposition avec le premier piston 4 permet de palier à ce déficit de compression et d'aspiration par le travail simultané du deuxième piston, qui vient en renfort du premier piston 4 dans les phases d'aspiration et de compression.

[0039] De préférence, le moteur 1 comprend un deuxième passage 17 ménagé à travers le deuxième piston 14 pour mettre en communication l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur. De préférence, dans l'archi-

tecture à double piston illustrée aux figures, le deuxième passage 17 ménagé dans le deuxième piston 14 est conçu pour alimenter la chambre 3 en fluide de travail, c'est-à-dire en mélange frais destiné à subir une combustion, tandis que le premier passage 5 du premier piston 4 est conçu pour évacuer hors de la chambre 3 le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail dans la chambre 3. Ainsi, l'admission se fait à travers le deuxième piston 14 tandis que l'échappement se fait à travers le premier piston 4. Une telle conception s'avère particulièrement avantageuse pour réaliser un moteur fonctionnant selon un cycle à quatre temps, comme cela va être décrit plus en détails dans ce qui suit.

[0040] D'ailleurs, un moteur 1 à combustion interne comprenant :

- une chambre 3 conçue pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre 3,
- un premier piston 4 et un deuxième piston 14 qui contribuent tous deux à délimiter le volume de ladite chambre 3,
- un premier passage 5 ménagé à travers ledit premier piston 4 pour mettre en communication l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur, ledit premier passage 5 étant conçu pour évacuer hors de la chambre 3 le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail,
- un deuxième passage 17 ménagé à travers ledit deuxième piston 14 pour mettre en communication l'intérieur de la chambre 3 avec l'extérieur, ledit premier passage 5 étant conçu pour alimenter la chambre 3 en fluide de travail,

constitue en tant que tel une invention indépendante.

[0041] Bien entendu, il est particulièrement avantageux de prévoir, en ce qui concerne le deuxième piston 14, des mesures techniques identiques à celles mises en oeuvre sur le premier piston 4. Cela signifie que dans cet exemple, le moteur 1 comprend une deuxième soupape 18 identique à la première soupape 6, ladite deuxième soupape 18 étant montée sur le deuxième piston 14 pour contrôler l'ouverture et la fermeture du deuxième passage 17 ménagé à travers le deuxième piston 14. De même, l'arbre de sortie 8 et la deuxième soupape 18 coopèrent pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie 8 en mouvement de la deuxième soupape 18 relativement au deuxième piston 14. A cette fin, le moteur 1 comprend d'une part un quatrième chemin de guidage 19 solidaire de l'arbre de sortie et de préférence formé sur l'arbre de sortie 8 et d'autre part un quatrième élément de guidage 21 solidaire de la deuxième soupape 18, ledit quatrième élément de guidage 21 étant monté pour se déplacer le long du quatrième chemin de guidage 19, pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie

en mouvement de la deuxième soupape relativement au deuxième piston. Avantagusement, le quatrième chemin de guidage 21 présente une forme sensiblement ondulée, de façon encore plus préférentielle sensiblement sinusoïdale. La structure de la deuxième soupape 18, du deuxième piston 14 et de la partie correspondante de l'arbre 8 qui coopère à la fois avec la deuxième soupape 18 et le deuxième piston 14 ne sera pas décrite plus en détails, puisque comme indiqué dans ce qui précède, le moteur 1 présente avantagusement une symétrie par rapport au plan médian de la chambre 3.

[0042] On va maintenant décrire le fonctionnement du moteur 1 illustré aux figures dans le cadre d'un cycle à quatre temps.

[0043] Le premier temps du cycle de fonctionnement du moteur, qui est illustré aux figures 3 et 4, correspond à une étape d'admission du fluide de travail, lequel est de préférence constitué par un mélange d'air et de carburant vaporisé, dans la chambre de combustion 3. A cette fin, la deuxième soupape 18 est en position ouverte, de manière à permettre l'admission, à travers le deuxième piston 14 via le deuxième passage 17, du fluide de travail frais en provenance de l'extérieur du cylindre 2.

[0044] Au cours de ce premier temps, le premier et le deuxième piston 4, 14 subissent un mouvement d'éloignement mutuel qui crée une dépression dans la chambre de combustion 3, ce qui favorise l'aspiration du fluide de travail par le deuxième passage 17, la deuxième soupape 18 étant ouverte pour autoriser l'introduction de fluide de travail dans la chambre de combustion 3. La première soupape 6 qui équipe le premier piston 4 est quant à elle fermée, ce qui permet d'assurer un excellent effet d'aspiration sous l'effet du déplacement du premier piston 4, cet effet d'aspiration venant compenser l'effet d'aspiration plus faible généré par le deuxième piston 14 dont la soupape 18 est ouverte.

[0045] Une fois arrivés à leur écartement mutuel maximal (illustré à la figure 4), les pistons 4, 14 subissent un mouvement inverse de rapprochement mutuel, c'est-à-dire qu'ils se rapprochent l'un de l'autre (figure 5) de manière à comprimer le fluide de travail contenu dans la chambre 3. Dans cette phase de rapprochement mutuel des pistons, qui correspond au deuxième temps, la première et la deuxième soupape 6, 18 sont fermées de manière à produire un effet de compression du fluide de travail entre les pistons 4, 14. Le fluide de travail est ainsi fortement comprimé, ce qui entraîne son réchauffage.

[0046] Lorsque les pistons 4, 14 atteignent leur point d'écartement minimal (les pistons sont alors en position dite de « *point mort haut* »), illustré à la figure 6, le fluide de travail comprimé au maximum explose soit sous l'effet d'un allumage obtenu par la production d'une étincelle générée par une bougie (non représentée) soit sous l'effet du taux de compression lui-même, qui produit un échauffement tel que le fluide de travail explose spontanément (cas d'un moteur Diesel).

[0047] Cette phase d'explosion produit une détente et une expansion des gaz constituant le fluide de travail.

Cette détente génère une forte pression dans la chambre (par exemple comprise entre 40 et 100 bars) qui s'exerce sur les pistons, dont les soupapes 6, 18 sont fermées. Cela entraîne un écartement mutuel des pistons 4, 14.

[0048] Cet écartement des pistons 4, 14 sous l'effet de la pression résultant de l'explosion dans la chambre entraîne en rotation l'arbre de sortie 8. Ainsi, cette phase d'explosion et de détente (qui correspond au troisième temps) crée de l'énergie thermique qui est transformée en énergie mécanique de rotation de l'arbre de sortie 8. Les pistons 4, 14 se rapprochent ensuite à nouveau, ce qui crée une compression dans la chambre 3.

[0049] A cet instant, la première soupape 6 du premier piston 4 est ouverte, ce qui permet, sous l'effet de compression réalisée par le mouvement de rapprochement mutuel des pistons 4, 14, de faire échapper le fluide de travail brûlé à travers le premier passage 5.

[0050] A l'issue de ce quatrième temps, le moteur 1 se retrouve dans la configuration correspondant au premier temps et est prêt à recommencer à nouveau le cycle à quatre temps qui vient d'être décrit.

[0051] L'invention concerne également en tant que tel un véhicule, du genre véhicule automobile, équipé d'un moteur 1 conforme à l'invention.

[0052] L'invention concerne en outre de manière indépendante un piston 4 conçu pour former le premier piston 4 d'un moteur 1 conforme à l'invention.

[0053] L'invention concerne enfin également une soupape conçue pour former la première soupape 6 d'un moteur 1 conforme à l'invention.

POSSIBILITE D'APPLICATION INDUSTRIELLE

[0054] L'invention trouve son application industrielle dans la conception, la fabrication et l'utilisation de moteurs.

Revendications

1. Moteur (1) à combustion interne comprenant :

- une chambre (3) conçue pour accueillir un fluide de travail destiné à subir une combustion au sein de ladite chambre (3),
 - un premier piston (4) et un deuxième piston (14) qui contribuent tous deux à délimiter le volume de ladite chambre (3),
- ledit moteur (1) étant **caractérisé en ce que :**
- un premier passage (5) est ménagé à travers ledit premier piston (4) pour mettre en communication l'intérieur de la chambre (3) avec l'extérieur, ledit premier passage (5) étant conçu pour évacuer hors de la chambre (3) le fluide brûlé résultant de la combustion du fluide de travail,
 - un deuxième passage (17) est ménagé à travers ledit deuxième piston (14) pour mettre en

- communication l'intérieur de la chambre (3) avec l'extérieur, ledit premier passage (5) étant conçu pour alimenter la chambre (3) en fluide de travail.
2. Moteur (1) selon la revendication 1 **caractérisé en ce qu'il** comprend un cylindre (2), qui se présente de préférence sous la forme d'un tube creux rectiligne, lesdits premier et deuxième pistons (4, 14) étant montés à coulissement axial au sein dudit cylindre (2), ladite chambre (3) étant formée par l'espace interstitiel séparant lesdits pistons (4, 14) dans le cylindre (2).
 3. Moteur (1) selon la revendication 2 caractérisé en ce lesdits premier et deuxième pistons (4, 14) sont montés en opposition au sein du cylindre (2).
 4. Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** le premier piston (4) et le deuxième piston (14) sont conçus pour se déplacer selon des mouvements de va-et-vient opposés.
 5. Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce qu'il** comprend un arbre de sortie (8) monté coaxialement audit premier piston (4), l'arbre de sortie (8) et le premier piston (4) coopérant pour convertir le mouvement du premier piston (4) en mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8).
 6. Moteur (1) selon la revendication 5 **caractérisé en ce que** la coopération entre l'arbre de sortie (8) et le premier piston (4) est réciproque, c'est-à-dire qu'elle permet de convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8) en mouvement du premier piston (4).
 7. Moteur (1) selon la revendication 5 ou 6 **caractérisé en ce qu'il** comprend d'une part un premier chemin de guidage (9) solidaire de l'arbre de sortie (8) et d'autre part un premier élément de guidage (10) solidaire du premier piston (4), ledit premier élément de guidage (10) étant monté pour se déplacer le long du premier chemin de guidage (9), pour convertir le mouvement du premier piston (4) en mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8).
 8. Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 7 **caractérisé en ce qu'il** comprend un arbre de sortie (8) monté coaxialement audit deuxième piston (14), l'arbre de sortie (8) et le deuxième piston (14) coopérant pour convertir le mouvement du deuxième piston (14) en mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8).
 9. Moteur (1) selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comprend une première soupape (6) montée sur le premier piston (4) pour
 - contrôler l'ouverture et la fermeture dudit premier passage (5).
 10. Moteur (1) selon les revendications 5 et 9 **caractérisé en ce que** ledit arbre de sortie (8) et la première soupape (6) coopèrent pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8) en mouvement de la première soupape (6) relativement au premier piston (4).
 11. Moteur (1) selon la revendication 10 **caractérisé en ce qu'il** comprend d'une part un deuxième chemin de guidage (11) solidaire de l'arbre de sortie (8) et d'autre part un deuxième élément de guidage (12) solidaire de la première soupape (6), ledit deuxième élément de guidage (12) étant monté pour se déplacer le long du deuxième chemin de guidage (11) pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8) en mouvement de la première soupape (6) relativement au premier piston (4).
 12. Moteur (1) selon la revendication 11 **caractérisé en ce que** la position dudit deuxième chemin de guidage (11) relativement à l'arbre de sortie (8) peut être ajustée en rotation et/ou en translation.
 13. Moteur (1) selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comprend une deuxième soupape (18) montée sur le deuxième piston (14) pour contrôler l'ouverture et la fermeture dudit deuxième passage (17).
 14. Moteur (1) selon les revendications 8 et 13 **caractérisé en ce que** l'arbre de sortie (8) et la deuxième soupape (18) coopèrent pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre de sortie (8) en mouvement de la deuxième soupape (18) relativement au deuxième piston (14).
 15. Moteur (1) selon l'une des revendications **caractérisé en ce qu'il** est conçu pour fonctionner selon le cycle à quatre temps suivant :
 - au cours du premier temps du cycle de fonctionnement du moteur, le premier et le deuxième piston (4, 14) subissent un mouvement d'éloignement mutuel qui crée une dépression dans la chambre de combustion (3), ce qui favorise l'aspiration du fluide de travail par le deuxième passage (17), la deuxième soupape (18) étant en position ouverte pour autoriser l'admission, à travers le deuxième piston (14) via le deuxième passage (17), de fluide de travail dans la chambre de combustion (3), la première soupape (6) qui équipe le premier piston (4) étant quant à elle fermée ;
 - une fois arrivés à leur écartement mutuel maximal, les premier et deuxième pistons (4, 14) su-

bissent un mouvement inverse de rapprochement mutuel, qui correspond au deuxième temps du cycle, c'est-à-dire qu'ils se rapprochent l'un de l'autre de manière à comprimer le fluide de travail contenu dans la chambre (3) 5 tandis que la première et la deuxième soupape (6, 18) sont fermées de manière à produire un effet de compression du fluide de travail entre les pistons (4, 14) ;

- lorsque les pistons 4, 14 atteignent leur point d'écartement minimal, le fluide de travail comprimé au maximum explose soit sous l'effet d'un allumage obtenu par la production d'une étincelle générée par une bougie soit sous l'effet du 10 taux de compression lui-même, qui produit un échauffement tel que le fluide de travail explose spontanément ; 15

- cette phase d'explosion produit une détente et une expansion des gaz constituant le fluide de travail, ce qui génère une forte pression dans la 20 chambre (3) qui s'exerce sur les pistons (4, 14), dont les soupapes (6, 18) sont fermées, entraînant ainsi un écartement mutuel des pistons (4, 14) ;

- cet écartement des pistons (4, 14) sous l'effet 25 de la pression résultant de l'explosion dans la chambre (3) entraîne en rotation l'arbre de sortie (8) ;

- les pistons (4, 14) se rapprochent ensuite à nouveau, ce qui crée une compression dans la 30 chambre (3) ;

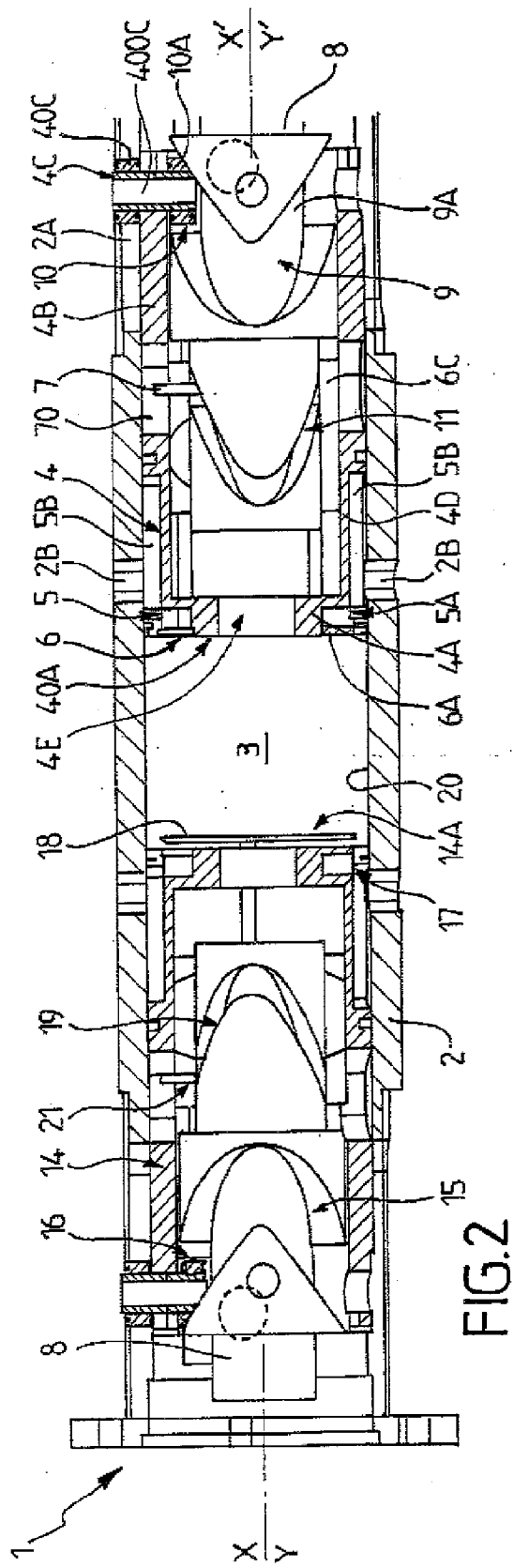
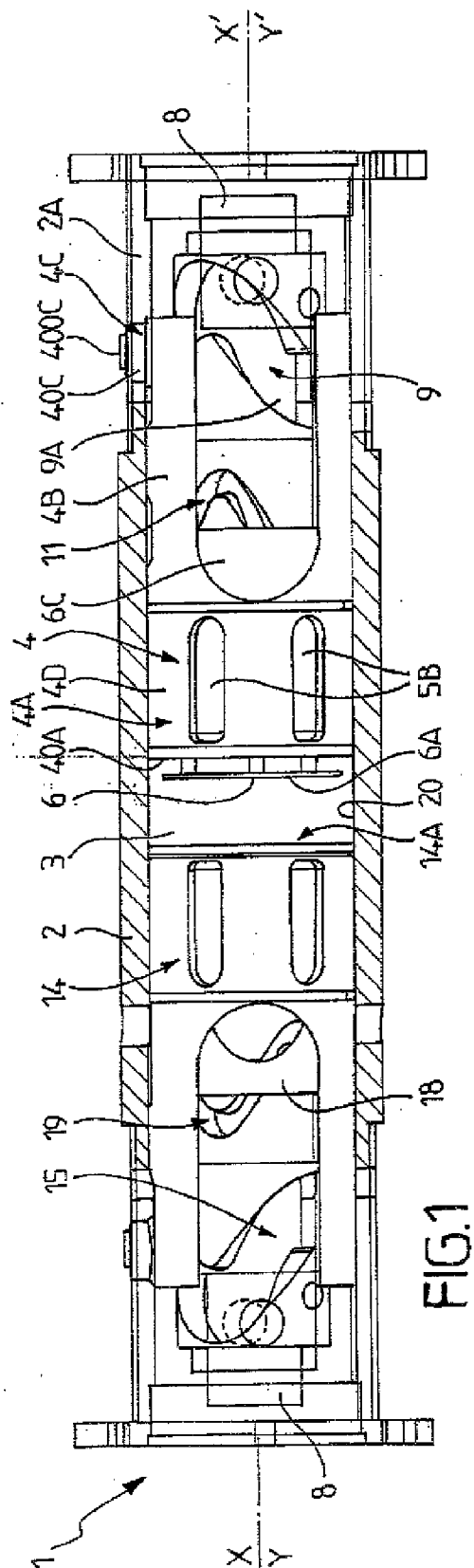
- à cet instant, la première soupape (6) du premier piston (4) est ouverte, ce qui permet, sous l'effet de compression réalisée par le mouvement de rapprochement mutuel des pistons (4, 35 14), de faire échapper le fluide de travail brûlé à travers le premier passage (5).

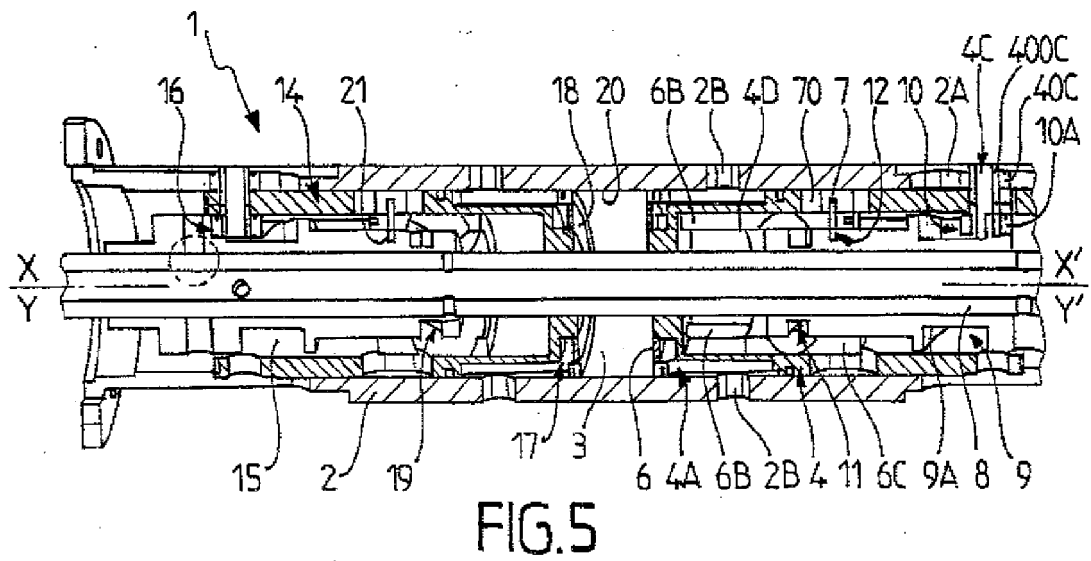
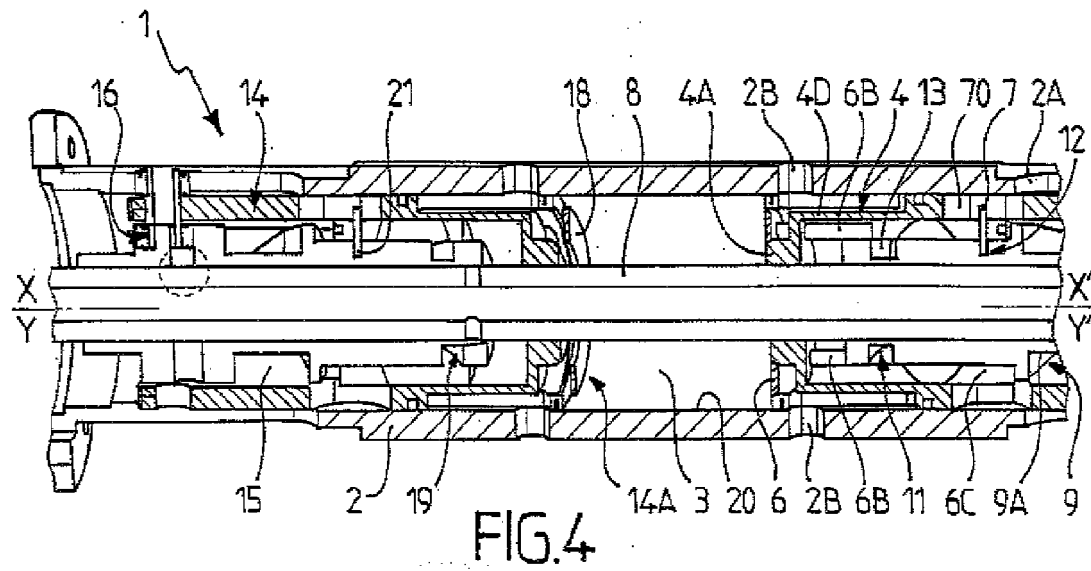
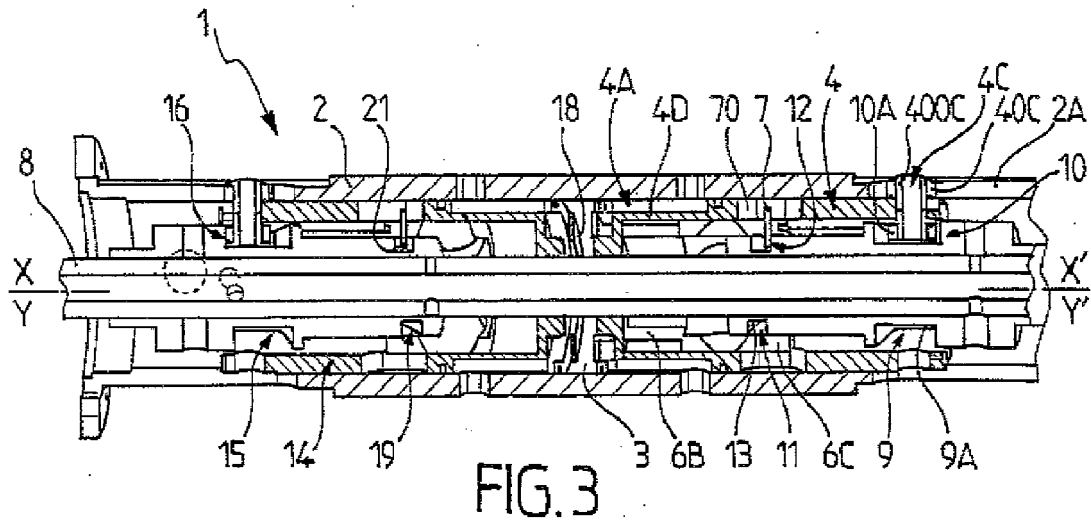
à l'issue de ce quatrième temps, le moteur (1) se retrouve dans la configuration correspondant au premier temps et est prêt à recommencer à nouveau le cycle à quatre temps. 40

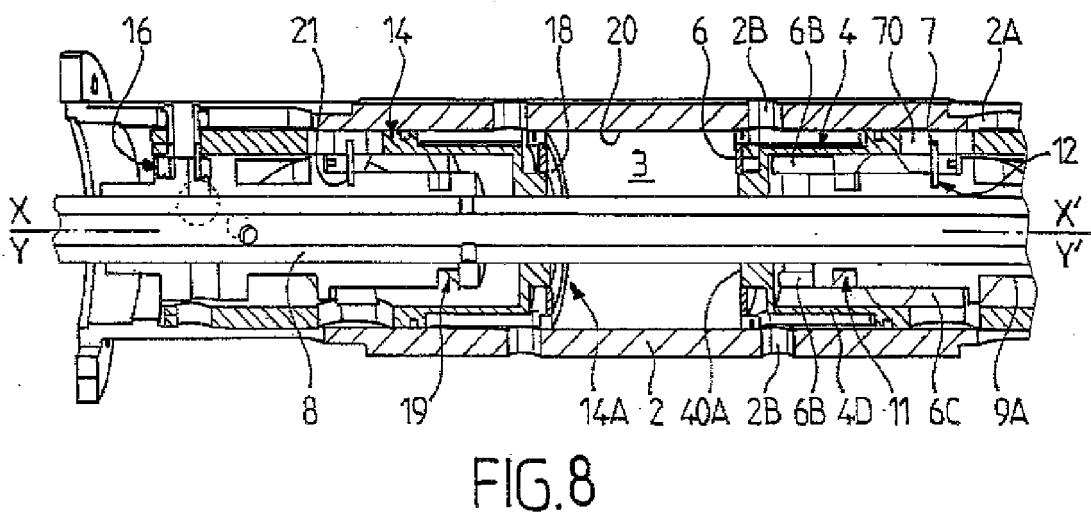
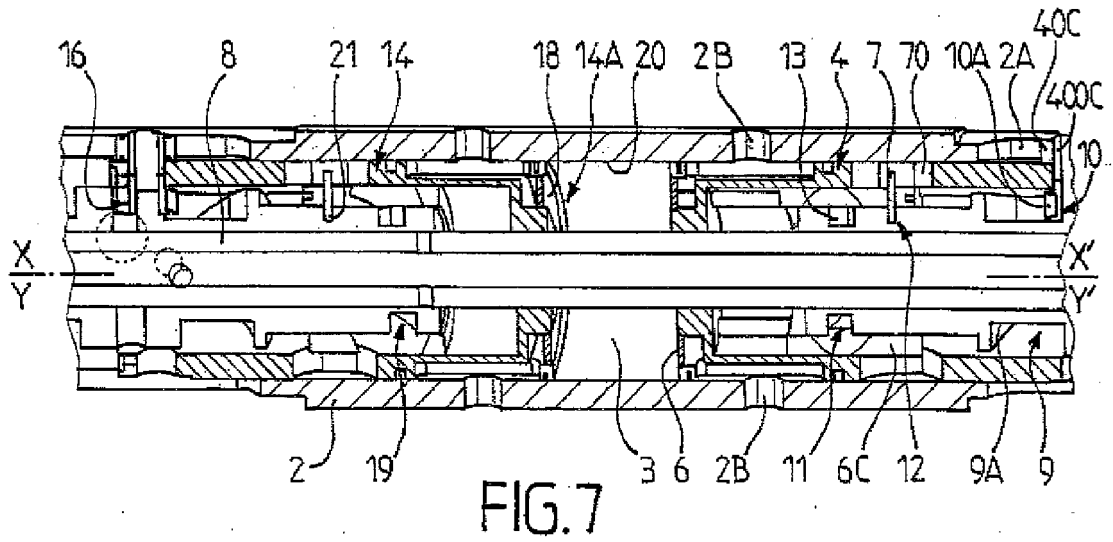
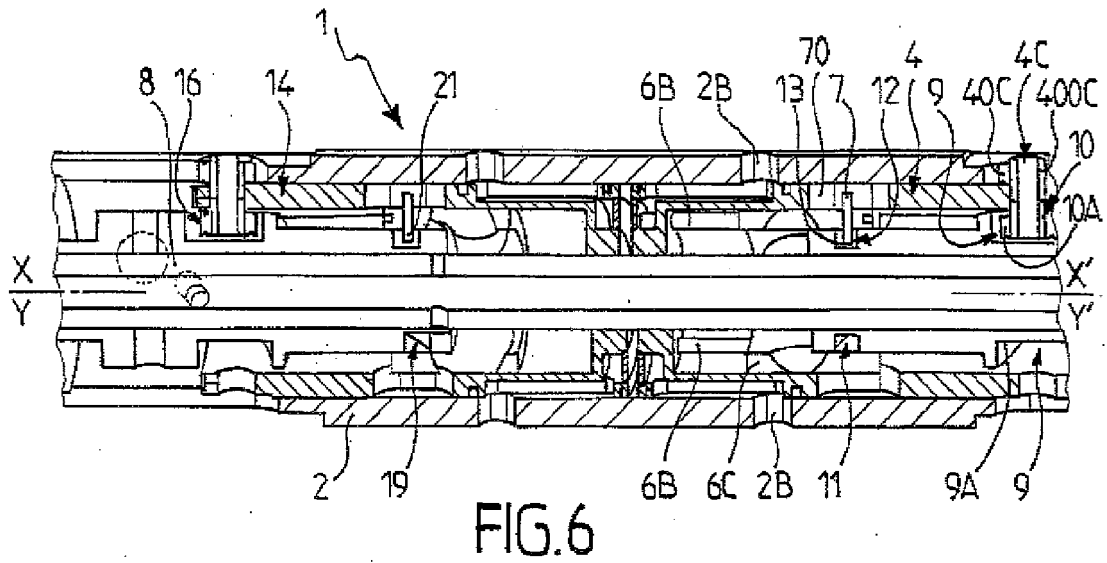
45

50

55







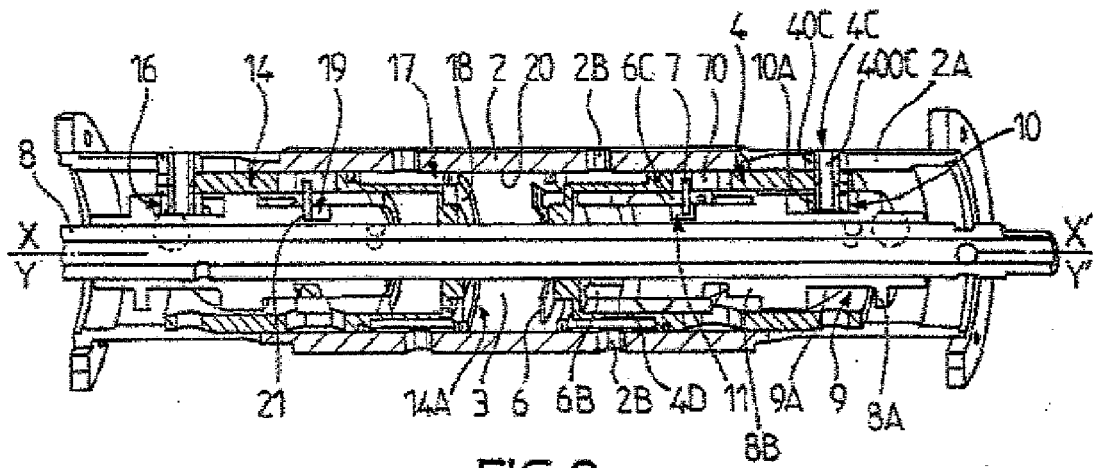


FIG. 9

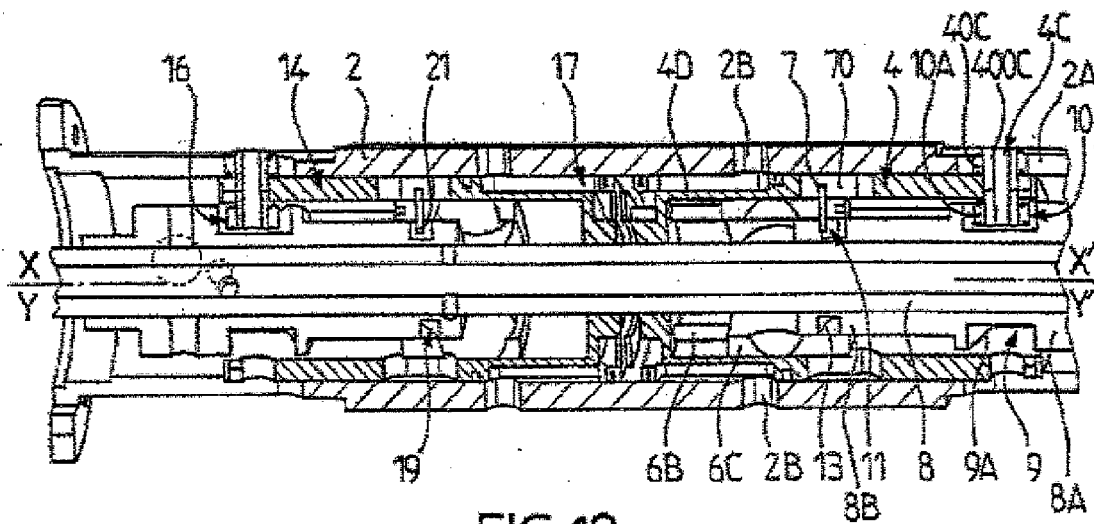


FIG. 10

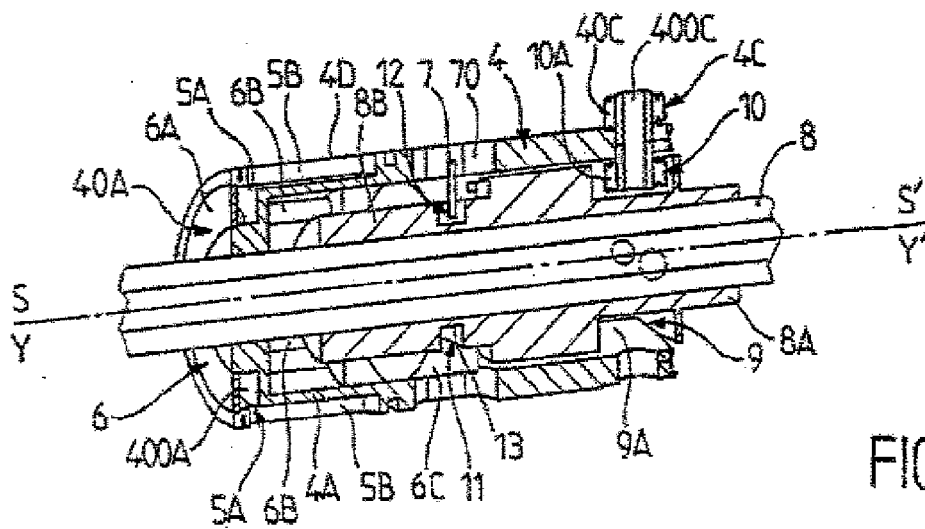


FIG. 11

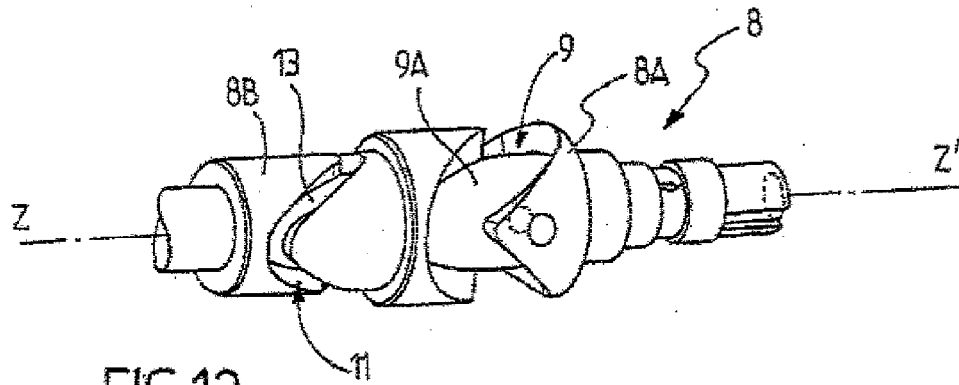


FIG.12

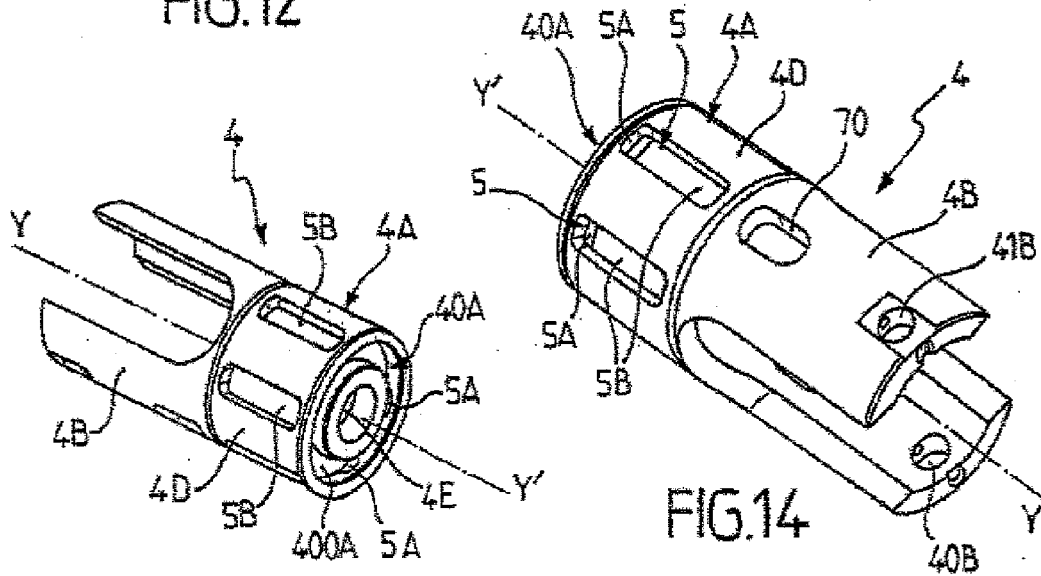


FIG.14

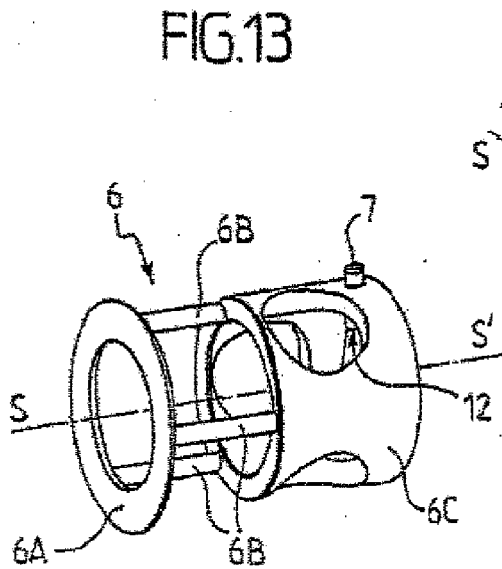


FIG.15

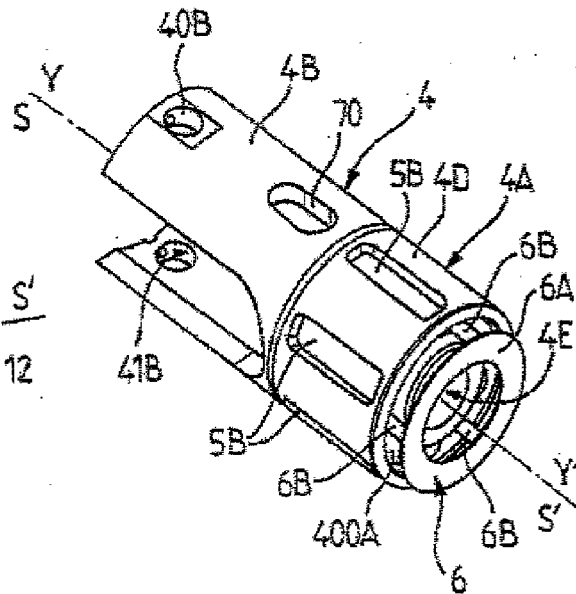


FIG.16



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 18 1010

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	WO 99/43936 A1 (SUNPOWER INC [US]) 2 septembre 1999 (1999-09-02)	1-4,9, 13,15	INV. F01B3/04
Y	* page 31, ligne 11 - ligne 16; figures 15,16 *	5-8,10, 14	F01L11/02
A	-----	11,12	F01B7/02
X	WO 2007/126312 A1 (STICHTING ADMINISTRATIEKANTOOR [NL]; VAN DEN BRINK ANTHONIE [NL]) 8 novembre 2007 (2007-11-08)	1-4,9, 13,15	F02B75/28
Y	* figures 1,2 *	5-8,10, 14	
Y	WO 2005/052338 A1 (SHEPHERD GRAYDON AUBREY [NZ]) 9 juin 2005 (2005-06-09) * figures 8,10,14,17 *	5-8,10, 14	
Y	US 5 351 657 A (BUCK ERIK S [US]) 4 octobre 1994 (1994-10-04) * figure 7 *	5-8,10, 14	
Y	DE 39 40 826 A1 (SMIDRKAL JOSEF [DE]) 13 juin 1991 (1991-06-13) * figure 1 *	5-8,10, 14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Y	DE 167 245 C (MAIEWSKY) 22 janvier 1906 (1906-01-22)	5-8,10, 14	F01B F01L F02B
A	* page 1, ligne 61 - ligne 63 *	11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 24 octobre 2013	Examineur Yates, John
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 13 18 1010

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-10-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9943936	A1	02-09-1999	AU 2783799 A	15-09-1999
			BR 9908237 A	31-10-2000
			CA 2320075 A1	02-09-1999
			EP 1058779 A1	13-12-2000
			JP 2002505399 A	19-02-2002
			US 6035637 A	14-03-2000
			WO 9943936 A1	02-09-1999
WO 2007126312	A1	08-11-2007	EP 2010772 A1	07-01-2009
			US 2009308345 A1	17-12-2009
			WO 2007126312 A1	08-11-2007
WO 2005052338	A1	09-06-2005	AU 2004293729 A1	09-06-2005
			CA 2554583 A1	09-06-2005
			CA 2724852 A1	09-06-2005
			CN 1902388 A	24-01-2007
			CN 102061992 A	18-05-2011
			EP 1702151 A1	20-09-2006
			JP 2007512470 A	17-05-2007
			JP 2010190223 A	02-09-2010
			KR 20060109497 A	20-10-2006
			US 2009013979 A1	15-01-2009
			US 2010126472 A1	27-05-2010
			WO 2005052338 A1	09-06-2005
US 5351657	A	04-10-1994	AUCUN	
DE 3940826	A1	13-06-1991	AUCUN	
DE 167245	C	22-01-1906	AUCUN	

EPO FORM P0460

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