

Machine avec pistons rotatifs à battement contrôlé

L'invention concerne un dispositif destiné à constituer un moteur apte à produire un travail mécanique sous la pression d'un fluide, ou une pompe apte à transvaser ou mettre sous pression un fluide. Lorsque le dispositif constitue un moteur, le fluide sous pression peut être obtenu, notamment, par une colonne de liquide, par une réserve d'air comprimé ou par la combustion d'un carburant. Lorsque le dispositif constitue une pompe, il faut lui fournir une énergie mécanique qui est alors communiquée au fluide comprimé et/ou transvasé.

Un exemple de l'état de la technique antérieure est décrit dans le document US-5 222 463 qui divulgue une version de ce type de machine. La présente invention s'en démarque nettement à raison des arrangements suivants :

- le bloc moteur (6) est fixe et définit le volume intérieur (41)
- au moins une paire de pistons (7A,7B,7C,7D) est disposée dans le volume intérieur (41) ; lesdits pistons délimitent au moins une chambre (42A,42B,42C,42D) et sont adaptés pour effectuer un mouvement de rotation alternée autour de leur axe théorique et individuel de rotation (50A,50B,50C,50D) par rapport au bloc moteur (6) dans ledit volume intérieur (41) afin de faire varier le volume de chaque chambre (42A,42B,42C,42D),
- la culasse (E3) est fixe pour faire entrer et sortir le fluide dans chaque chambre,
- un mécanisme de conversion de mouvement (E4) relie les mouvements de rotation alternée des pistons (7A, 7B,7C,7D) autour de leur axe de rotation théorique et individuel (50A, 50B, 50C, 50D) au mouvement de rotation continue de l'arbre moteur (30) suivant son

propre axe de rotation (40). Ce mécanisme de conversion permet de contrôler les battements individuels des pistons. Un battement de piston est défini par son mouvement complet entre deux positions angulaires extrémales identiques, et successives autour des axes (50A,50B,50C,50D) : c'est aussi un seul cycle de rotation alternée dudit piston. Les mécanismes de contrôle du battement des pistons rotatifs peuvent être, notamment, des deux genres suivants : l'un basé sur l'usage d'un « losange déformable », l'autre sur celui d'une « came rotative complexe ».

- un arbre moteur (30) est adapté pour effectuer un mouvement de rotation continue autour d'un axe bien particulier (40), caractérisé en ce que cet axe de rotation est parallèle et équidistant de tous les axes théoriques et individuels de rotation des pistons (50A,50B,50C,50D), auxquels on associe des axes de rotation physiques (47A,47B,47C,47D).

Pour synchroniser les mouvements des pistons et convertir leur mouvement alterné de rotation en mouvement de rotation continue sur l'arbre de sortie, le moteur à combustion interne décrit dans US-5 222 463 utilise deux bras portés par deux tubes coaxiaux solidaires d'au moins deux pistons non consécutifs, lesdits bras comportant des lumières dans lesquelles coulissent les manetons d'un vilebrequin. La puissance produite par les battements des pistons rotatifs transite par un seul chemin avec 2 pièces coaxiales mécaniquement différentes, rendant délicate la conversion sur les deux bras massifs dont le mouvement n'est pas équilibré.

Au contraire, la présente invention consiste à faire transiter la puissance par différents chemins mécaniquement identiques au sein de la machine afin d'obtenir :

- un dimensionnement plus léger des pièces, en particulier celles convertissant le mouvement de rotation alternée des pistons en mouvement de rotation continue de l'arbre de sortie,
- une réduction globale de leur coût grâce à l'obtention de séries plus importantes de pièces plus légères,
- une puissance élevée de la machine, parfaitement et entièrement équilibrée à partir de 2 paires de pistons, permettant ainsi une forte augmentation de sa vitesse de rotation.

De préférence, les axes de rotation de pistons (50A,50B,50C,50D) sont équidistants de l'axe de rotation moteur. Leurs intersections avec un plan orthogonal à l'axe (40) forment un polygone régulier centré sur l'axe (40) dont le nombre de sommets vaut le nombre de pistons rotatifs (7A,7B,7C,7D) de la machine.

Selon une caractéristique complémentaire conforme à l'invention, le dispositif comprend en outre de préférence des sculptures extérieures (43A,43B,43C,43D) solidaires des pistons (7A,7B,7C,7D) et engrenant les unes avec les autres. Ainsi, d'une part, les chambres (42A,42B,42C,42D) sont plus étanches, et d'autre part, la synchronisation des pistons est favorisée puisque la distance entre les axes de rotation des pistons et leur nombre pair permettent aux sculptures d'engrener directement entre elles, sans nécessiter d'élément intermédiaire supplémentaire.

Selon une autre caractéristique conforme à l'invention, le dispositif comprend de préférence autant de chambres que de pistons.

Ainsi, chacun des pistons rotatifs sépare constamment deux chambres consécutives parmi toutes les autres chambres (42A,42B,42C,42D) et effectue à chaque instant un balayage à effet double :

- une diminution du volume de la première chambre, et simultanément,
- une augmentation du volume de la deuxième chambre lui étant consécutive.

Ceci garantit une haute compacité du moteur.

Selon encore une autre caractéristique conforme à l'invention, le mécanisme de conversion de mouvement du type « losange déformable » comprend de préférence :

- des coulisseaux (21,22,23,24) se translatant radialement par rapport à l'axe de rotation moteur (40),
- des bielles (25,26,27,28) reliant deux à deux les coulisseaux,
- des excentriques (9A,9B,9C,9D) entraînés par les pistons (7A,7B,7C,7D) et reliés aux bielles,
- au moins un maneton solidaire de l'arbre moteur (30) et entraîné par les coulisseaux.

En particulier, si les manetons, les bielles, les coulisseaux, les excentriques et les pistons sont montés sur des roulements, un haut rendement du mécanisme peut être atteint et la fiabilité accrue par diminution de l'usure des pièces.

Selon une caractéristique complémentaire, ce dispositif générique type « losange déformable » requiert de préférence une architecture composée de 4 pistons, 4 excentriques, 4 bielles, 4 coulisseaux et deux manetons présentant les caractéristiques suivantes :

- les bielles (25,26,27,28) sont montées rotatives, exactement en leur milieu sur les excentriques (9A,9B,9C,9D), et leur prolongement définit exactement un losange déformable, et
- deux des quatre coulisseaux (23,24) se translatent dans une première direction, en sens contraire l'un de l'autre,

- les deux autres coulisseaux (21,22) se translatent dans une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, en sens contraire l'un de l'autre,

- les coulisseaux (23,24) sont les plus éloignés lorsque les coulisseaux (21,22) sont les plus rapprochés, et inversement.

- les manetons sont diamétralement opposés et chacun constamment au contact de deux appuis consécutifs et orthogonaux parmi les 4 appuis (31,32,33,34) guidés par les 4 coulisseaux (21,22,23,24).

La robustesse et le rendement du mécanisme de conversion sont ainsi encore améliorés car le guidage parfait desdits coulisseaux peut se faire notamment avec des roulements tangents aux rainures (36,37) de la plaque (29).

Selon une caractéristique alternative également conforme à l'invention, le deuxième type de mécanisme de conversion de mouvement appelé « came centrale rotative », comprend :

- des excentriques, des coulisseaux, au moins une glissière, des galets et une came, et s'appuie sur les caractéristiques suivantes :

- chaque excentrique (9) est solidaire de l'un des pistons (7) et porte l'un des coulisseaux (52),

- les coulisseaux glissent dans une des glissières (53) au moins,

- les galets (54) sont solidaires des glissières (53) et exercent un effort sur la came centrale (55) pour l'entraîner en rotation, et

- la came (55) est solidaire de l'arbre moteur (30).

Quel que soit le nombre de paires de pistons compris entre un et l'infini, ce mécanisme « came centrale rotative » permet, selon la forme de la came, de générer

des lois cinématiques extrêmement variées pour convertir le mouvement de rotation alternée des pistons (7) en mouvement de rotation continue de l'arbre moteur (30).

De préférence, la came comprend une pluralité de lobes et le nombre de lobes de la came est égal au nombre de paires de pistons multiplié par un nombre entier non nul. Ceci permet à la came centrale d'avoir aussi un rôle de démultiplication du mouvement à haut rendement et encombrement réduit. Toutefois, des contraintes techniques sur :

- la finesse des lobes
- les angles de transmission des efforts aux contacts came/galets

peuvent imposer une augmentation du diamètre moyen de la came centrale rotative pour des grands nombres de lobes.

Selon une autre caractéristique conforme à l'invention, de préférence le dispositif comprend au moins deux paires de pistons, chaque coulisseau coulisse dans deux glissières consécutives, et chaque glissière est maintenue par deux des coulisseaux.

L'utilisation de roulements pour les coulisseaux, galets et glissières permet là aussi de garantir de très bons rendements et une excellente fiabilité du mécanisme.

Selon une autre caractéristique conforme à l'invention, le dispositif présente en outre de préférence les caractéristiques suivantes :

- la culasse comporte au moins une lumière d'admission (61) pour faire entrer le fluide dans chaque chambre, au moins une soupape d'admission pour obturer la lumière d'admission, au moins une lumière d'échappement (62) pour faire sortir le fluide de chaque chambre et au moins une soupape d'échappement pour obturer la lumière d'échappement,

- chaque soupape d'admission s'ouvre et se ferme grâce au passage d'un obturateur rotatif (14) d'admission présentant une ou plusieurs ouvertures à sa périphérie, afin de sélectivement obturer et libérer la lumière d'admission, et

- chaque soupape d'échappement s'ouvre et se ferme grâce au passage d'un obturateur rotatif (14) d'échappement présentant une ou plusieurs ouvertures à sa périphérie, afin de sélectivement obturer et libérer la lumière d'échappement.

L'utilisation d'un ou plusieurs obturateurs rotatifs permet de simplifier la commande des soupapes et d'obtenir des obturations ou libérations des lumières très rapides à grande section de passage du fluide, tout en gardant un mécanisme compact.

Selon une caractéristique complémentaire conforme à l'invention, le système d'obturateur rotatif peut être, du plus simple au plus sophistiqué :

- sans calage variable : une seule pièce commune à toutes les soupapes d'admission et d'échappement et en rotation autour de l'axe (40), équipée de deux familles de lumières (63A,63B,63C,63D), l'une pour l'admission, l'autre pour l'échappement, les 2 familles de lumières étant réparties à sa périphérie, régulièrement, circulairement et sur 2 rayons distincts autour de l'axe (40),
- avec calage variable à l'admission et l'échappement : deux pièces en rotation autour de l'axe (40), équipées de lumières réparties à leur périphérie circulairement et régulièrement autour de l'axe (40) : la première pièce est commune à toutes les lumières d'admission (61), la seconde à toutes celles d'échappement (62). Le calage variable des soupapes devient alors

indépendant entre l'admission et l'échappement, mais n'est pas indépendant d'une chambre à l'autre,

- avec calage variable entièrement indépendant pour chaque soupape : pour chaque chambre, deux pièces en rotation équipées d'une ou plusieurs lumières (63) réparties à leur périphérie, la première pièce pour l'admission (61), la seconde pour l'échappement (62), le calage variable des soupapes devient alors indépendant entre l'admission et l'échappement, et aussi d'une chambre à l'autre.

Dans tous les cas, tant pour l'admission que l'échappement, le mouvement du ou des obturateurs rotatifs est de préférence commandé d'une part par la rotation de l'arbre moteur (30) et d'autre part par un dispositif de gestion de l'admission (65) secondé par un organe mécanique (64).

Ainsi, la rotation de l'arbre moteur permet de gérer le fonctionnement nominal des soupapes d'admission et d'échappement, tandis que le ou les dispositifs (64,65) de gestion de l'admission et de l'échappement permettent de gérer les variations par rapport au fonctionnement nominal précité.

Selon une autre caractéristique complémentaire, lorsque le dispositif comprend au moins deux chambres, et pour chacune de ces chambres au moins :

- une lumière d'admission et un obturateur d'admission,
- une lumière d'échappement et un obturateur d'échappement.

Les dispositifs de gestion de l'admission et de l'échappement (65) agissant sur leur organe mécanique respectif (64) sont capables de maintenir fermés ou ouverts, pendant un nombre quelconque de rotations alternées des pistons, respectivement chaque obturateur

rotatif d'admission et chaque obturateur rotatif d'échappement de l'une au moins des chambres.

Ainsi, certaines des chambres peuvent ne pas être utilisées dans certaines circonstances, afin de réduire les pertes par compression et détente de gaz, et donc d'améliorer le rendement du moteur.

De façon générale, les systèmes de gestion de l'admission et de l'échappement supervisent les rotations de l'obturateur rotatif (14), du planétaire (15) et du porte-satellites (17). Cette supervision des distributions rotatives permet, par la modification, voire la désactivation du fonctionnement nominal des chambres, d'atteindre des rendements optimum pour la machine, selon les évolutions de son environnement.

Selon une autre caractéristique conforme à l'invention, le dispositif présente en outre de préférence les caractéristiques suivantes :

- le volume de chaque chambre (42) varie au cours d'un battement de piston, entre un volume de compression (minimal) et un volume d'aspiration (maximal),

- le dispositif comprend en outre au moins un organe de modification de volume (3) communiquant avec la chambre et mobile entre une position avancée et une position reculée

Ainsi, le taux de compression peut être adapté pour s'approcher des conditions optimales de fonctionnement :

- fort taux si l'organe (3) est en position avancée
- faible taux si l'organe (3) est en position reculée

Selon une caractéristique complémentaire conforme à l'invention, de préférence l'organe de modification de volume porte un injecteur et/ou une bougie d'allumage (2).

La compacité du moteur et l'efficacité de la combustion dans les chambres peuvent ainsi être améliorées,

tout particulièrement dans les moteurs suralimentés en régime variable.

De préférence, l'organe de modification de volume est monté coulissant dans un alésage (4).

Selon une autre caractéristique conforme à l'invention, le bloc moteur présente de préférence une forme tubulaire obturée à chaque extrémité par une plaque sensiblement plane.

Cette solution simple réduit le coût du dispositif, et améliore sa robustesse et sa compacité.

Selon encore une autre caractéristique conforme à l'invention, l'une des plaques est de préférence intégrée à la culasse.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description détaillée suivante, se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 illustre en perspective éclatée un dispositif conforme à l'invention,

- la figure 2 illustre le dispositif en perspective sans l'étage repéré E4 à la figure 1,

- la figure 3 illustre en perspective éclatée, à échelle agrandie, l'étage repéré E1 à la figure 1,

- la figure 4 illustre en perspective éclatée, à échelle agrandie, les étages repérés E2 et E3 à la figure 1,

- la figure 5 représente le dispositif assemblé et vu de profil en relation avec les vues éclatées des étages repérés E1, E2, E3 et E4 sur la figure 1,

- la figure 6 représente en coupe transversale l'étage E2,

- la figure 7 représente en perspective éclatée, à échelle agrandie, l'étage repéré E4 de type « losange déformable »,

- les figures 8A, 8B, 8C et 8D représentent schématiquement l'étage repéré E4 de type « losange déformable », dans 4 positions successives,

- la figure 9 représente schématiquement l'étage repéré E4 de type « came centrale rotative » avec galets pointant vers le centre de la machine et 2 paires de pistons,

- la figure 10 représente schématiquement l'étage repéré E4 de type « came centrale rotative » avec galets pointant vers la périphérie de la machine et 2 paires de pistons,

- la figure 11 représente schématiquement la variante de la figure 9 dans le cas d'un dispositif à 3 paires de pistons,

- la figure 12 représente schématiquement la variante des figures 9 ou 10 dans le cas d'un dispositif à une seule paire de pistons,

- la figure 13 représente schématiquement une variante de la figure 10 dans le cas d'un dispositif à 2 paires de pistons et une came centrale heptuplée (55), soit possédant $2 \times 7 = 14$ lobes,

- la figure 14 représente schématiquement une variante de la figure 11 dans le cas d'un dispositif à 3 paires de pistons et deux cames centrales (55,58) quadruplées comportant chacune $3 \times 4 = 12$ lobes,

- la figure 15 représente schématiquement une variante de la figure 12 dans le cas d'un dispositif à 1 seule paire de pistons et une came centrale sextuplée (55) comportant $1 \times 6 = 6$ lobes,

- la figure 16 représente une variante de la figure 12 dans le cas d'un dispositif à 1 seule paire de pistons et deux cames centrales (55,58) nonuplées comportant chacune $1 \times 9 = 9$ lobes.

- la figure 17 représente le mécanisme obturateur rotatif de soupape repéré 10A,10B,10C,10D,10E,10F,10G,10H sur la figure 2, avec son dispositif de gestion (64,65),

- la figure 18 représente un mécanisme obturateur rotatif réglable commun à 4 lumières d'admission (61A,61B,61C,61D) généralisable pour un nombre quelconque de lumières circulairement et régulièrement réparties, qu'elles soient d'admission ou d'échappement.

Les figures 1 à 7 illustrent un dispositif 1, formant dans l'application illustrée un moteur à combustion interne. Le moteur 1 s'articule autour de 4 étages E1, E2, E3, E4, représentés plus particulièrement sur les figures 1 et 5, et se succédant suivant un axe 40 correspondant à l'axe de rotation de l'arbre de sortie 30 du moteur.

L'étage E1 est dédié à l'injection de carburant et au réglage du taux de compression. L'étage E2 est dédié à la conversion d'énergie (combustion). L'étage E3 est dédié aux échanges gazeux du moteur avec l'extérieur et forme une culasse. L'étage E4 est constitué par le mécanisme de conversion d'un mouvement rotatif alterné issu de l'étage E2 en un mouvement rotatif continu destiné à l'arbre de sortie du moteur.

Tel qu'illustré en particulier aux figures 4 et 6, l'étage 2 se compose essentiellement d'un carter 6 de forme sensiblement tubulaire définissant un volume intérieur 41 obturé à ses extrémités par des plaques 5, 8 renfermant 4 pistons rotatifs 7A, 7B, 7C et 7D solidaires des arbres pivotants 47A, 47B, 47C, 47D.

Les pistons sont montés rotatifs autour d'axes individuels de rotation de pistons 50A, 50B, 50C, 50D parallèles et équidistants à l'axe de rotation 40 de l'arbre moteur 30.

Tel qu'illustré en particulier aux figures 2 et 6, les pistons 7A, 7B, 7C, 7D délimitent angulairement quatre

chambres 42A, 42B, 42C, 42D s'étendant entre les plaques d'extrémité 5, 8 et entre deux pistons adjacents.

Des sculptures externes 43A, 43B, 43C, 43D sont intégrées aux pistons 7A, 7B, 7C, 7D, et les sculptures externes de deux pistons adjacents engrènent entre elles, de sorte que deux pistons adjacents tournent en sens opposé autour de leur axe de rotation 50A, 50B, 50C, 50D respectif.

Le volume de chacune des chambres 42A, 42B, 42C, 42D varie avec la rotation des pistons 7A, 7B, 7C, 7D entre un volume de compression (minimal) et un volume d'aspiration (maximal). Le volume de deux chambres adjacentes 42A, 42B, 42C, 42D varie de manière opposée.

L'étage 2 est le cœur du moteur, car il est le lieu des conversions thermomécaniques. Les 4 pistons rotatifs 7A, 7B, 7C, 7D sont animés d'un mouvement rotatif et alternatif d'une amplitude de 90°. Lorsque les pistons rotatifs sont en position verticale ou horizontale, ils deviennent tangents avec l'un des épaulements 67A, 67B, 67C, 67D solidaires du carter 6 et répartis à 90°. Ceci a pour effet de créer un effet de chasse d'air à l'intérieur de la chambre de combustion 42A, 42B, 42C, 42D et favorise la combustion lors de l'injection de carburant et/ou lors de l'allumage. Le mouvement de rotation alternative des 4 pistons 7A, 7B, 7C, 7D permet d'assurer dans chaque chambre de combustion l'admission des gaz frais, leur compression, l'explosion/détente et l'échappement.

Le refroidissement du moteur peut notamment se faire par l'intégration d'ailettes de refroidissement sur toute la périphérie du carter étanche 17, ou bien par la circulation d'un fluide réfrigérant dans l'épaisseur de ce carter comme suggéré par les perçages (P) fléchés à la figure 6 et leurs raccords fléchés R1 et R3 à la figure 2.

Pour réaliser le cycle à 4 temps dans chaque chambre 42A, 42B, 42C, 42D, chaque piston 7A, 7B, 7C, 7D rotatif doit effectuer 2 aller-retour, de préférence avec une amplitude de 90°. Les cycles d'Otto et de Diesel sont notamment parfaitement compatibles avec le dispositif.

La lubrification de l'étage E2 est possible en injectant de l'huile au centre du moteur. Il existe alors un bain d'huile au contact des pistons rotatifs 7A, 7B, 7C, 7D. L'aménagement de rainure dans ces pistons permet de faire transiter l'huile sous l'effet de la force centrifuge jusqu'à la périphérie du carter 6. Cette lubrification est souhaitable pour diminuer le frottement et augmenter la longévité des pièces.

Le moteur 1 peut également fonctionner en mode pneumatique, par injection de fluide sous pression au volume (minimum) de compression de chaque chambre 42A, 42B, 42C, 42D, détente jusqu'au volume (maximum) d'aspiration et échappement du gaz détendu lors du retour au volume de compression, puis répétition de ce cycle. Dans ce cas, seul l'aller-retour des pistons rotatifs 7A, 7B, 7C, 7D est nécessaire pour réaliser un cycle.

Le moteur 1 peut également fonctionner en moteur 2 temps, en effectuant un vigoureux balayage des gaz brûlés par des gaz frais à la fin de l'explosion/détente. Il suffit alors d'un seul aller-retour des pistons rotatifs 7A, 7B, 7C, 7D pour réaliser un cycle.

Tel qu'illustré en particulier à la figure 3, l'étage E1 se compose de la plaque d'extrémité 5, de 4 ensembles comportant chacun un organe de modification de volume 3A, 3B, 3C, 3D coulissant dans l'alésage d'un corps creux 4A, 4B, 4C, 4D solidaire de la plaque d'extrémité 5 et renfermant un injecteur 2A, 2B, 2C, 2D. L'alésage de chacun des corps creux 4A, 4B, 4C, 4D communique avec une chambre 42A, 42B, 42C, 42D correspondante.

L'organe de modification de volume 3A, 3B, 3C, 3D forme un piston et permet une modification rapide du volume de compression et/ou du volume d'aspiration des chambres en pénétrant plus ou moins dans les chambres 42A, 42B, 42C, 42D. Ce pilotage peut se faire notamment par injection d'un fluide incompressible sous pression dans le corps creux 4A, 4B, 4C, 4D ou bien par un moteur électrique équipé d'un réducteur à vis sans fin poussant ou retirant le piston formé par l'organe de modification de volume 3A, 3B, 3C, 3D. Ce pilotage peut se faire indépendamment pour l'une ou l'autre des 4 chambres de combustion 42A, 42B, 42C, 42D. L'amplitude de réglage dépend des dimensions des pièces du moteur. Pour simplifier la commande, les pistons réglables 3A,3B,3C,3D pourraient être solidarisés et actionnés par un mécanisme commun, mais le réglage n'est alors plus indépendant d'une chambre à l'autre.

A chaque fin de compression dans une chambre 42A, 42B, 42C, 42D, l'injecteur 2A, 2B, 2C, 2D pulvérise finement un combustible et l'éventuelle bougie crée une étincelle, afin de procéder au temps moteur explosion-détente.

En variante, le volume de compression peut être volontairement figé en fixant l'ensemble formé par l'organe de modification de volume 3A, 3B, 3C, 3D et l'injecteur 2A, 2B, 2C, 2D sur la plaque d'extrémité 5. En outre, toute méthode d'introduction du carburant et d'allumage est envisageable : carburateur, bougie, injection indirecte mono ou multipoint, injection directe mono ou multipoint, thermo-allumage, photo-allumage. Enfin, et naturellement, lorsque le moteur 1 fonctionne exclusivement en mode pneumatique, toute introduction de carburant et tout dispositif d'allumage sont inutiles.

Tel qu'illustré en particulier aux figures 2, 4 et 5, la culasse définissant l'étage E3 comporte essentiellement la plaque d'extrémité 8, 4 paires de soupapes 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, une tubulure d'admission de

gaz comburant 11, une tubulure d'échappement des gaz brûlés 12, une courroie de distribution 13, huit systèmes (64,65) de distribution rotative pour la gestion des admissions et des échappements tel que décrit à la figure 17.

La plaque 8 possède donc huit ouvertures, semi-circulaires dans le mode de réalisation illustré, assurant les échanges gazeux entre les chambres de combustion 42A, 42B, 42C, 42D et l'extérieur du moteur au travers des 8 distributeurs rotatifs. Quatre de ces ouvertures forment des lumières d'admission 61A, 61B, 61C, 61D. Les quatre autres ouvertures forment des lumières d'échappement 62A, 62B, 62C, 62D.

Les soupapes permettant d'obturer les lumières d'admission 61A, 61B, 61C, 61D forment des soupapes d'admission 10A, 10C, 10E, 10G. Les soupapes permettant d'obturer les lumières d'échappement 62A, 62B, 62C, 62D forment des soupapes d'échappement 10B, 10D, 10F, 10H.

Le mouvement de rotation continue de l'arbre de sortie du moteur 30 est transmis au porte-satellites 17 de chacune des soupapes 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H par l'intermédiaire de la courroie de distribution 13. La rotation de l'arbre du moteur 30 est avantageusement transmise mécaniquement (par des moyens non représentés) à la courroie de distribution 13.

En variante, la rotation de l'arbre de sortie du moteur 30 pourrait être relevée par un capteur et transmise à la courroie de distribution 13 par un moteur électrique commandé en fonction de la rotation de l'arbre moteur 30 relevée par le capteur.

Dans les deux cas, la courroie de distribution 13 est reçue dans une gorge prévue à cet effet sur chacun des systèmes de distribution rotative, pour synchroniser leur rotation. Une telle courroie peut être lisse ou crantée à condition de doter la gorge de dentures. Le chemin de la

courroie 13 peut aussi être plus élaboré afin de maximiser les angles d'enroulement sur chaque porte-satellite 17.

A l'aide de systèmes de gestion de l'admission et de l'échappement (64,65) supervisant les rotations de l'obturateur rotatif (14), du planétaire (15) et du porte-satellite 17, il est possible, pendant que le moteur tourne, d'avancer ou de retarder le passage de l'ouverture 63 de l'obturateur rotatif 14 au-dessus de la lumière lui correspondant par rapport au cycle moteur et de prolonger ou de réduire le temps de passage de l'ouverture 63 en regard de l'ouverture.

Les systèmes de distribution rotative ont même la possibilité de désactiver à volonté 1, 2 ou 3 des 4 chambres de combustion 42A, 42B, 42C, 42D afin d'éviter des échanges gazeux ou des compressions non désirées, en laissant les soupapes respectivement constamment fermées ou ouvertes. Ceci confère une grande flexibilité au moteur car sa cylindrée devient variable, par palier de 25% de sa puissance totale dans le cas d'un moteur à quatre pistons 7A, 7B, 7C, 7D.

Le graissage ou la lubrification des soupapes sont possibles afin de diminuer les frottements et d'augmenter simultanément la longévité et l'étanchéité du dispositif.

Dans un souci de simplification du moteur, le système de distribution rotative pourrait être supprimé par exemple en actionnant directement l'obturateur rotatif 14. Dans ce cas, le moteur disposerait de possibilités de réglages inférieures, tant à l'admission qu'à l'échappement. On peut aussi envisager une distribution rotative basée sur une seule plaque circulaire en rotation autour de l'axe 40 dont les perçages libèreraient de façon intermittente les lumières d'admission 61 et/ou d'échappement 62 de chaque chambre 42 comme illustré à la fig. 18.

L'utilisation d'un autre système par tiroirs coulissants ou commande électromagnétique des soupapes est

une alternative sérieuse pour la gestion des admissions et échappements.

Tel qu'illustré en particulier aux figures 7 et 8, le mécanisme de conversion de mouvement définissant l'étage E4 comprend essentiellement quatre excentriques 9A, 9B, 9C, 9D, deux coulisseaux verticaux 21, 22, deux coulisseaux horizontaux 23, 24, deux bielles supérieures 26, 27, deux bielles inférieures 25, 28, des rainures de guidage 36, 37, deux poussoirs horizontaux 31, 32, deux poussoirs verticaux 33, 34, deux manetons 44, 45 solidaires de l'arbre de sortie 30 et une plaque de protection 38 présentant un trou 39 traversé par l'arbre de sortie 30.

Les excentriques 9A, 9B, 9C, 9D sont portés par les arbres 47A, 47B, 47C, 47D traversant les plaques d'extrémité 5, 8 et pivotant autour de leur axe de piston 50A, 50B, 50C, 50D respectif.

Les coulisseaux verticaux 21 et 22 sont reçus dans la rainure de guidage 36 s'étendant suivant une direction verticale 48 tandis que les coulisseaux horizontaux 23 et 24 sont reçus dans la rainure de guidage 37 s'étendant suivant une direction horizontale 49. Les rainures de guidage 36, 37 sont réalisées dans une plaque support 29.

Les coulisseaux 21, 22, 23, 24 sont montés rotatifs sur les extrémités adéquates des bielles 25, 26, 27, 28., plus précisément, les bielles supérieures 26, 27 relient respectivement le coulisseau vertical 22 aux coulisseaux horizontaux 23, 24, tandis que les bielles inférieures 25, 28 relient respectivement le coulisseau vertical 21 aux coulisseaux horizontaux 23, 24. Les bielles 25, 26, 27, 28 sont toutes de la même longueur et montées symétriquement par rapport aux directions 48 et 49 de sorte les intersections de leurs prolongements définit exactement un losange déformable.

Les coulisseaux verticaux 21, 22 se déplacent en sens opposé l'un de l'autre suivant la direction verticale 48,

tandis que les coulisseaux horizontaux 23, 24 se déplacent en sens opposé suivant la direction horizontale 49. Par ailleurs, les coulisseaux (21 et 22) sont les plus rapprochés lorsque les coulisseaux (23 et 24) sont les plus éloignés, et inversement.

Le centre de chacune des quatre bielles 25, 26, 27, 28 est monté rotatif sur les excentriques 9A, 9B, 9C, 9D, de sorte qu'il récupère le mouvement rotatif alternatif à 90° de chaque extrémité des arbres pivotants 47A, 47B, 47C, 47D.

Les poussoirs horizontaux 31, 32 sont fixés sur les coulisseaux verticaux 21, 22, tandis que les poussoirs verticaux 33, 34 sont fixés sur les coulisseaux horizontaux 23, 24.

Enfin, chacun des poussoirs 31, 32, 33, 34 prend appui sur les manetons 44, 45 diamétralement opposés de l'arbre de sortie 30, ce qui permet d'obtenir un mouvement de rotation continue, comme le montrent les figures 8A, 8B, 8C, 8D. Plus précisément, chacun des manetons 44, 45 est poussé simultanément par l'un des poussoirs horizontaux 31, 32 et l'un des poussoirs verticaux 33, 34.

La cinématique engendrée par ce dispositif présente l'avantage de franchir rapidement le point mort haut. Ainsi, on obtient :

- une réduction de la production de polluants de type NOx au point mort haut par réduction du temps de passage du point mort haut,

- une réduction des fuites thermiques du gaz hautement comprimé, voire brûlé partiellement ou totalement, donc une meilleure conservation de son énergie

- une meilleure restitution de l'énergie des gaz lors d'une détente qui dure plus longtemps,

- un meilleur remplissage des chambres lors de l'admission qui dure plus longtemps,

- dans le cadre d'un fonctionnement du moteur en tant que pompe, la continuité du débit de fluide pompé.

Afin d'assurer la lubrification optimale du mécanisme de conversion de mouvement définissant l'étage E4, il est possible de le placer dans un bain d'huile.

L'objectif prioritaire de ce moteur est d'avoir une compacité maximale. On peut remarquer que le volume de gaz frais aspiré par ce moteur est proportionnel au carré de sa dimension caractéristique, que l'on peut définir par le double de la longueur des pistons rotatifs, à la différence des moteurs traditionnels à pistons/bielle/manivelle qui n'aspirent que des volumes proportionnels à leur dimension caractéristique, que l'on peut définir par la course du piston. Par ailleurs, tous les accessoires du moteur, à l'exception des injecteurs, ont un volume réduit au minimum. Ceci donne au moteur objet de l'invention une compacité exceptionnelle. A puissance égale, la compacité pourrait être accrue d'un facteur 3 par rapport à un moteur à pistons/bielle/manivelle/carter, et même d'un facteur 4 en supprimant l'étage E1, et encore bien plus en utilisant une came centrale rotative surmultilobée.

Dans le prolongement de cette forte compacité, les volumes et masses de matière nécessaires à la construction d'un tel moteur seraient très nettement inférieurs à ceux requis par les techniques actuelles. Dimensionnée pour des pressions de 100 Bar, la machine objet de l'invention utiliserait entre 20 et 25 kg d'acier de qualité usuelle en la matière par litre de cylindrée.

En conséquence, ce moteur autorise :

- une réduction très importante des coûts de fabrication,

- une hybridation des véhicules : l'espace libéré peut être occupé par un second moteur non thermique ainsi que par son dispositif de stockage d'énergie,

- le freinage des véhicules par récupération de leur énergie cinétique : les gains d'espace sont alors occupés par le dispositif de récupération,

- une liberté de conception accrue : les gains d'espace permettent de donner de l'aisance dans l'habitacle, d'obtenir des angles de braquage plus grands, voire même de motoriser un véhicule par plusieurs petits moteurs dédiés soit à un essieu, soit à chaque roue (véhicule 4x4 sans transmission intégrale, moto 2x2...).

- une augmentation de la puissance des moteurs :

- par un meilleur remplissage à l'admission,

- par une combustion favorisée par les tourbillons créés lors de la compression,

- à volume égal, une puissance 3 à 4 fois plus grande que celle d'un moteur à pistons/bielle/manivelle.

Ce moteur procure également divers avantages d'un point de vue environnemental, tels que :

- une réduction de la pollution des véhicules :

- en implantant des dispositifs de dépollution des gaz plus puissants grâce au gain de place que procure ce moteur,

- en utilisant un mode de propulsion hybride non polluant chaque fois que c'est nécessaire, en particulier en ville,

- en ayant une meilleure combustion dans les chambres de combustion,

- en ayant moins de pertes dans la boîte de vitesses : le moteur objet de l'invention produit un mouvement de rotation lent, mais à fort couple dès les bas régimes, en particulier si l'on utilise une came centrale fortement multilobée ; cela

permet de limiter la pignonnerie de démultiplication, ce qui est idéal pour tracter une charge,

- la compatibilité avec tout type de carburant, en particulier les moins polluants : les biocarburants (huiles végétales ou alcools), le gaz naturel et surtout l'hydrogène,

- l'exploitation du réglage des taux de compression et d'une cinématique pilotée par le profil de came choisi qui ouvre la voie à de nouveaux types de combustion :

- le mode thermo-allumage contrôlé (CAI/HCCI) : controlled auto ignition / homogene charge compression ignition),
- le mode photo-allumage : combustion déclenchée par le rayonnement résultant de très hautes températures soudaines obtenues par une compression brutale et des taux de compression plus grands.

Ces 2 modes sont actuellement presque inapplicables à cause de la cinématique imposée par le système bielle/manivelle et l'épaisseur faible des têtes de piston. Au contraire, les pistons rotatifs, grâce à leur épaisseur importante et leur cinématique favorable du point mort haut, permettent :

- une combustion de carburant considérée comme plus propre (NOx, particules) et plus efficace (consommations plus faibles)
- une meilleure fiabilité mécanique

Les figures 9 à 12 illustrent la variante « came centrale rotative » de réalisation du mécanisme de conversion de mouvement définissant l'étage E4 du moteur 1 dont le principe permet de convertir le mouvement de rotation alternée des pistons en un mouvement de rotation continue de l'arbre de sortie quel que soit le nombre de paires de pistons.

A la figure 9, le mécanisme de conversion de mouvement E4 comprend essentiellement quatre excentriques 51A, 51B, 51C, 51D, quatre coulisseaux 52A, 52B,, 52C, 52D, deux glissières verticales 53A, 53C, deux glissières horizontales 53B, 53D, quatre galets 54A, 54B, 54C, 54D rigidement reliés aux glissières par l'intermédiaire de barres de liaison 56A, 56B, 56C, 56D et une came 55.

Chacun des coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D coulisse à la fois dans l'une des glissières verticales 53A, 53C et dans l'une des glissières horizontales 53B, 53D. Les glissières verticales 53A, 53C sont ainsi translatées horizontalement en sens opposé par les coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D lors de la rotation des pistons 7A,7B,7C,7D, tandis que les glissières horizontales 53B, 53D sont déplacées verticalement en sens opposé. Les glissières 53A, 53B, 53C, 53D définissent ainsi un rectangle à chaque sommet duquel se trouve un coulisseau 52A, 52B, 52C, 52D.

La came 55 présente une rainure de guidage 57 comportant deux lobes 55A, 55B dans laquelle sont reçus les galets 54A, 54B, 54C, 54D. Les galets étant solidaires des glissières 53A, 53B, 53C, 53D, lors de la rotation des pistons 7A, 7B, 7C, 7D, les galets 54A, 54B, 54C, 54D exercent une pression sur la came 55 entraînant par réaction la came 55 et l'arbre moteur 30 solidaire de la came 55 en rotation.

Le profil de la rainure 57 de la came 55 présente des points d'inflexion dans lesquels se trouvent les galets 54A, 54B, 54C, 54D, lorsque les pistons 7A,7B,7C,7D atteignent simultanément l'une des extrémités de leur mouvement de rotation.

Le mouvement de rotation alterné des pistons 7A, 7B, 7C, 7D est ainsi converti en mouvement de rotation continu de l'arbre moteur 30.

Le mode de réalisation de mécanisme de conversion de mouvement E4 illustré à la figure 10 se distingue du mode

de réalisation illustré à la figure 9, en ce que les barres de liaison 56A, 56B, 56C, 56D placent les galets 54A, 54B, 54C, 54D à l'extérieur du rectangle défini par les centres des coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D, tandis que dans le mode de réalisation illustré à la figure 9, les barres de liaison 56A, 56B, 56C, 56D placent les galets 54A, 54B, 54C, 54D à l'intérieur du rectangle défini par les centres des coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D. La came 55 se trouve agrandie, de même que le rayon de courbure des lobes 55A, 55B.

Le mode réalisation de mécanisme de conversion de mouvement E4 illustré à la figure 11 consiste en une adaptation du mode de réalisation illustré à la figure 9 au cas où le moteur comprend six pistons 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F. Le mécanisme de conversion de mouvement E4 comprend alors essentiellement six excentriques 51A, 51B, 51C, 51D, 51E, 51F, six coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D, 52E, 52F, trois paires de glissières parallèles 53A, 53D ; 53B, 53E ; 53C, 53F ; six galets 54A, 54B, 54C, 54D, 54E, 54F rigidement reliés aux glissières par l'intermédiaire de barres de liaison 56A, 56B, 56C, 56D, 56E, 56F et une came 55.

Chacun des coulisseaux 52A, 52B, 52C, 52D, 52E, 52F coulisse à la fois dans deux glissières adjacentes. Les glissières sont maintenues par deux coulisseaux, de sorte qu'elles sont translatées par paires lors de la rotation des pistons 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F.

La came 55 présente une rainure de guidage 57 comportant trois lobes 55A, 55B, 55C dans laquelle sont reçus les galets 54A, 54B, 54C, 54D, 54E, 54F. Lors de la rotation des pistons 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F, les galets 54A, 54B, 54C, 54D, 54E, 54F exercent une pression sur la came 55 l'entraînant par réaction en rotation.

Le profil de la rainure 57 de la came 55 présente des points d'inflexion dans lesquels se trouvent les galets

54A, 54B, 54C, 54D, 54E, 54F lorsque les pistons 7A, 7B, 7C 7D, 7E, 7F atteignent l'une des extrémités de leur mouvement de rotation.

Le mode réalisation de mécanisme de conversion de mouvement E4 illustré à la figure 12 consiste en une adaptation du mode de réalisation illustré à la figure 9 au cas où le moteur comprend deux pistons 7A, 7B. Le mécanisme de conversion de mouvement E4 comprend alors essentiellement deux excentriques 51A, 51B, deux coulisseaux 52A, 52B, une glissière 53, deux galets 54A, 54B, rigidement reliés de part et d'autre de la glissière par l'intermédiaire de barres de liaison 56A, 56B et une came 55.

Compte tenu de ce qui précède, le mécanisme de conversion de mouvement E4 illustré aux figures 9 à 12 peut aisément être extrapolé pour convertir le mouvement d'un nombre quelconque de paires de pistons à mouvement de rotation alternée en un mouvement de rotation continue.

De plus, tel qu'illustré aux figures 12 à 16, le fait de surmultilober fortement la came, c'est à dire de multiplier le nombre minimal de lobes qu'elle doit comporter (à savoir le nombre de paires de pistons) par un nombre entier positif, permet à la came centrale, sans la rendre plus encombrante ni plus fragile, d'avoir deux fonctions :

- d'une part, un paramétrage très fin du mouvement des pistons rotatifs 7 en fonction de la rotation de l'arbre moteur 30
- d'autre part, la démultiplication du mouvement avec un bon rendement (simplifiant, voire supprimant la boîte de vitesses).
-
-

REVENDICATIONS

Publication en attente de validation des services de INPI

ABRÉGÉ : MACHINE A PISTONS ROTATIFS A BATTEMENT CONTRÔLE

Machine (1) de type moteur ou pompe comprenant :

- un bloc moteur (6),
- au moins une paire de pistons (7A,7B,7C,7D) délimitant au moins une chambre (42A,42B,42C,42D) et adaptés pour effectuer un mouvement de rotation alternée pour faire varier le volume de chaque chambre,
- une culasse (E3) pour faire entrer et sortir le fluide dans chaque chambre,
- un arbre moteur (30) adapté pour effectuer un mouvement de rotation continue autour d'un axe central de rotation moteur (40),
- un mécanisme de conversion de mouvement (E4) contrôlant les battements des pistons rotatifs de manière à convertir leur mouvement en rotation continue sur l'arbre moteur (30) autour de l'axe de rotation moteur (40).
- une ou plusieurs distributions rotatives offrant optionnellement de très larges possibilités, tout particulièrement dans le cas d'un moteur thermique : calage variable entièrement pilotable en phase et en ouverture indépendamment pour chaque chambre, désactivation à volonté d'une ou plusieurs chambres
- optionnellement un système de réglage du taux de compression indépendamment pour chaque chambre optimisant le fonctionnement des moteurs suralimentés.

L'ensemble constituant, à partir de 2 paires de pistons rotatifs, une machine entièrement et parfaitement équilibrée, extrêmement compacte et légère, compatible avec le thermoallumage et le photoallumage (CAI/HCCI) grâce à une cinématique favorable, et de rendement optimal selon les évolutions de son environnement.