

Machines à piston octogonal à géométrie déformable contrôlée

L'invention (POGDC) concerne une machine comprenant un piston articulé en 8 pièces coplanaires (TPA,BA,TPB,BB,TPC,BC,TPD,BD), formant un octogone bi-régulier plan qui peut être utilisé de manière rotative ou non. Huit axes de rotation orthogonaux à ce plan, possiblement réalisés par des goupilles (GO1,GO2,GO3,GO4,GO5,GO6,GO7,GO8), mettent systématiquement 2 pièces consécutives du piston octogonal en liaison pivot.

L'invention (POGDC) constitue 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 la machine constitue une pompe, il faut lui fournir une énergie mécanique qui est alors communiquée au fluide comprimé et/ou transvasé.

L'invention (POGDC) s'inscrit dans la famille des machines volumétriques pour lesquelles les variations de volumes sont générées par la déformation d'un polygone dont les côtés sont articulés et à entraxe fixé. Plus précisément, ces machines fonctionnent grâce à la déformation d'un polygone selon 3 règles :

1. la longueur de chaque côté reste constante,
2. les angles du polygone sont variables sur au moins 4 de ses sommets,
3. les variations angulaires sont périodiques.

Les articulations du piston articulé de ces machines sont toutes orthogonales à un même plan et forment les sommets d'un polygone qui permet de délimiter au moins une chambre de volume variable, parfois à l'aide d'un carter périphérique.

Etat de l'art actuel

Jusqu'à maintenant, les recherches et réalisations se sont essentiellement focalisées sur des machines à quadrilatère (4 pièces articulées), souvent de type parallélogramme non rotatif ou losange rotatif déformable. Ainsi, on peut retenir comme exemples typiques du domaine de l'invention:

- le brevet FR2651019 de Rumen ANTONOV (parallélogramme non rotatif déformable).
- la série de concepts sur les machines à losange rotatif déformable (MRLD), notamment et par ordre chronologique :
 - o FR1386505A délivré à Guy LAURENCIN en 1964
 - o FR1376285A délivré à Pierre MAGNET en 1964
 - o DE1551118A1 demandé par Alfred JORDAN en 1967
 - o FR2235268A1 demandé par Ignacio MARTIN ARTAJO en 1973 en Espagne
 - o FR2493397A1 demandé par Jean-Pierre AMBERT en 1980
 - o DE19901110 A1 délivré à Herbert HÜTTLIN en 2000
 - o la série de brevets QUASITURBINE de la famille SAINT HILAIRE (Québec), notamment US 6,164,263 et US 6,899,075,B2

Ces différentes machines présentent des caractéristiques remarquables qu'il est utile de décrire ici pour dégager l'intérêt et la nouveauté techniques de la « machine à Piston Octogonal à Géométrie Déformable Contrôlée », qui sera abrégée en « machine POGDC » par la suite et désignée par « POGDC » sur les figures.

La demande de brevet FR8023551 de Jean Pierre AMBERT décrit une machine à losange déformable rotatif délimitant 4 chambres périphériques à l'aide d'un carter calculable

avec une formule mathématique et paramétrable (le profil de carter est donné par une formule analytique).

Les brevets QUASITURBINE décrivent une machine à losange déformable rotatif délimitant 4 chambres périphériques à l'aide d'un carter calculé par itérations sur un ordinateur : selon ses concepteurs, le profil de carter est obtenu par un algorithme itératif aboutissant à une solution numérique suffisamment précise procurant des avantages en terme de variations volumétriques, notamment au point mort haut.

Le brevet DE19901110 A1 de Herbert HÜTTLIN décrit une autre approche de losange rotatif déformable concernant son guidage, réalisé à la fois par une came centrale asymétrique fixe et un carter périphérique.

15

Le brevet FR2651019 de Rumen ANTONOV décrit une machine à parallélogramme louvoyant actionné par 2 excentriques en rotation, chacune montée en liaison pivot sur l'un des 2 sommets opposés dudit parallélogramme. Ceci permet l'obtention d'une chambre centrale dont la volumétrie est générée par le battement du parallélogramme actionné par les excentriques en rotation continue.

Ces machines souffrent de difficultés techniques :

- les concepts MRLD ont :
 - o *une volumétrie faible* par rapport à leur encombrement,
 - o *un couple limité* du fait que la résultante des forces de pression sur les côtés du losange ainsi que les réactions normales du carter périphérique sur les sommets du losange pointent presque sur le centre de rotation du moteur,
 - o *l'impossibilité d'exploiter la chambre centrale* car son volume est presque constant : l'espace central n'est ainsi pas suffisamment valorisé,

25

30

o *des pales parfois assez délicates et coûteuses à fabriquer à cause de leurs formes complexes.*

- le concept ANTONOV à parallélogramme louvoyant :

o *a une volumétrie faible par rapport à son encombrement,*

o *est difficile à équilibrer et génère ainsi des vibrations néfastes pour en extraire de la puissance à vitesse de rotation élevée,*

o *n'a pas de chambres périphériques.*

10 Toutes ces machines ont également des contraintes cinématiques :

- sur les concepts MRLD, la récupération du mouvement sur le centre des pales n'est pas homocinétique, car les pales rejoignant les centres de 2 côtés non consécutifs sont animées d'un mouvement d'éloignement/rapprochement périodique (mouvement « chat et souris ») ; ceci a d'ailleurs conduit les SAINT HILAIRE à proposer dans le brevet US6,164,263 l'utilisation d'engrenages différentiels, défavorables en terme d'inertie, d'encombrement, de rendement et de coûts,

- le concept à parallélogramme louvoyant a une cinématique totalement contrainte dès que l'on a choisi les excentricités des arbres rotatifs, leur déphasage et les longueurs des côtés du parallélogramme.

25 *Ainsi, pour toutes ces machines, on ne peut pas contrôler à volonté le mouvement du piston déformable en fonction de l'angle de rotation de l'arbre moteur. En particulier, la volumétrie des points morts haut et bas n'est pas finement contrôlée. Ceci présente deux importants désavantages :*

- d'une part, les points morts bas et haut peuvent être trop longs, ce qui engendre une pollution aux oxydes d'azote NOx et des fuites thermiques vers la culasse,
- d'autre part, cette cinématique non choisie est en général incompatible avec le souci actuel de développer de nouveaux modes de combustion plus économiques en carburant de type CAI (controlled auto ignition) ou HCCI (high charge compression ignition) où la cinématique au lieu d'être une contrainte, doit devenir un atout dans le pilotage de la montée en pression, qui elle-même déclenche la détonation dans les chambres de combustion.

Nouveauté et avantages de la machine POGDC

La présente invention (POGDC) s'affranchit de toutes les difficultés précédemment décrites et se démarque nettement de l'art actuel car **elle comporte les particularités suivantes :**

- un piston octogonal bi-régulier à géométrie déformable (POGD), (Figs 1A-1D) caractérisé par :
 - o 4 têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) offrant chacune 2 articulations à entraxe court, avec 8 goupilles (GO,GO1,GO2,GO3,GO4,GO5,GO6,GO7,GO8),
 - o 4 bielles (BA,BB,BC,BD) à entraxe long ; chacune d'entre elles relie 2 têtes de piston consécutives (TPA,TPB,TPC,TPD),
 - o un enchaînement cyclique et alterné des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) avec les bielles (BA,BB,BC,BD) qui donne un octogone bi-régulier.
- un carter périphérique (CP) ayant 2 variantes
 - o « carter périphérique à glissières » (CPG) : les têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) sont montées en liaison glissière sur le carter (CPG) dans 2 directions orthogonales (OX,OY) (Figs. 2A-2D). L'intersection (O) de ces 2 directions (OX,OY) constitue le centre géométrique du moteur. Le carter est alors constitué par 4 portions d'astroïdes (ASTA,ASTB,ASTC,ASTD) et par des portions rectilignes les reliant (Fig. 3A),
 - o « carter périphérique à rotation » (CPR) : les extrémités des 4 têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) ont un mouvement relatif par rapport au carter (CPR) dont le profil intérieur est un bilobe paramétré par une formule analytique offrant des cinématiques fines et variées (Figs. 2G,2H,3B),

- 2 plaques de fermeture (PF1,PF2), mobiles, ou fixes, ou intégrées au carter périphérique(CPR,CPG).

Et ces pièces sont assemblées avec les 4 arrangements

5 **suivants :**

1. on dispose le piston octogonal (POGD) à l'intérieur du carter périphérique (CP), et le carter (CP) entre les 2 plaques de fermeture (PF1,PF2) (Figs. 2B,2D,2H) ce qui délimite un volume intérieur (VI) fractionné de manière
10 bien particulière (Figs. 3A,3B,3C) en :

- 4 chambres périphériques (CA,CB,CC,CD), et,
- 1 chambre centrale (CE)

o dans la variante « carter périphérique à glissières », on dispose le piston octogonal (POGD) à l'intérieur du carter (CPG), et ce
15 carter (CPG) entre les 2 plaques de fermeture (PF1,PF2), une adaptation du carter (CPG) et des têtes de piston(TPA) délimite (figs. 1D,3C) des chambres optionnelles périphériques (COP) dont le
20 nombre est de préférence multiple de 4,

o dans la variante « carter périphérique à rotation » (figs. 2G,2H), on dispose le piston octogonal (POGD) à l'intérieur du carter (CPR), et ce carter (CPR) entre les 2 plaques de
25 fermeture (PF1,PF2). Il existe alors un mouvement relatif de rotation pure autour du centre O, entre les axes (OX,OY) du piston (POGD) et le carter (CPR).

2. le piston octogonal (POGD) est adapté pour se mouvoir
30 constamment et périodiquement dans le carter périphérique (CP,CPG,CPR) afin de faire varier périodiquement le volume de chaque chambre (CA,CB,CC,CD,CE,COP),

3. les plaques de fermeture (PF1,PF2) et le carter périphérique (CP) sont équipés de lumières pour faire entrer et sortir le fluide dans chaque chambre :

- 5 - soit par le passage des chambres devant les lumières afin de les desservir au moment opportun
- soit avec des soupapes (SPP) à obturateur rotatif telles que décrites dans la demande FR0708874 déposée par la Société SYCOMOREEN pour la Machine à Pistons Rotatifs à Battement Contrôlé (MPRBC),
- 10 - soit avec des dispositifs souffleurs (DS1,DS2) et/ou aspirateurs (DA1,DA2) de fluides,

4. un mécanisme de conversion de mouvement (MCM) garantit la rotation continue et homocinétique d'au moins un rotor (ROT,ROTA,ROTB,ROTC,ROTD) collecteur de puissance :

- 15 - dans la variante « carter périphérique à glissières », on relie les mouvements de translation alternée (le long des axes (OX,OY) du carter (CPG)) d'au moins une des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) au mouvement de rotation continue de l'arbre moteur (ROTA,ROTB) par un mécanisme (MCM) qui permet de piloter la déformation périodique du piston octogonal (POGD). Les mécanismes (MCM) de contrôle du mouvement du piston (POGD) peuvent être, notamment, des trois genres suivants, par ordre de pertinence croissante :
- 25 o le premier basé sur l'usage d'un « mécanisme bielle/vilebrequin »,
- o le second sur un « mécanisme sinus » ,
- o le troisième requiert au moins une « came rotative complexe possiblement surmutilobée » ;
- 30 ce dernier mécanisme, contrairement aux deux précédents, est celui qui offre une liberté quasi-totale pour la cinématique du piston octogonal et aboutit aux machines à piston

octogonal à géométrie déformable contrôlée (POGDC) les plus optimales.

- dans la variante « carter périphérique à rotation », le mouvement relatif entre les axes (OX,OY) du piston octogonal (POGD) et le carter (CPR) est une rotation homocinétique de centre O. Ainsi, le mécanisme de conversion de mouvement est directement inclus dans l'assemblage du piston (POGD), du carter (CPR) et des plaques de fermeture (PF1,PF2). De préférence, les 2 axes (OX,OY) doivent être portés par au moins une des plaques de fermeture (PF1,PF2) qui comporte des rainures orthogonales dans lesquelles les galets(GALA,GALB,GALC,GALD), les aligneurs (ALIA, ALIB,ALIC,ALID) et/ou les butées(BUTA,BUTB,BUTC, BUTD) coulisent pour maintenir l'orthogonalité des médianes(OX,OY). Il suffit alors :
 - o soit de fixer le carter (CPR) et de prélever la rotation des médianes(OX,OY) du piston (POGD), via la rotation d'au moins une des plaques (PF1,PF2) qui devient tournante en portant au moins les deux axes (OX,OY),
 - o soit de fixer au moins une des plaques de fermeture (PF1,PF2) portant les deux médianes(OX,OY) du piston (POGD) et de prélever la rotation du carter (CPR).
 - o Dans cette variante « carter périphérique à rotation », il est possible avec une seule plaque circulaire à chemin entrecroisé surmultilobé (CES), de réduire la vitesse de de la pièce tournante(CPR,PF1,PF2) d'un facteur entier supérieur ou égal à 2, multipliant ainsi la compacité de la machine par ce même facteur. On trouvera à ce sujet des précisions dans la description détaillée.

**Nombre, organisation et fonctionnement
des chambres d'une machine POGDC**

Selon une première caractéristique complémentaire
5 conforme à l'invention, la machine (POGDC) comprend de
préférence :

- dans la variante « carter périphérique à
glissières » :
 - o 4 chambres périphériques (CA, CB, CC, CD)
 - 10 o une chambre centrale (CE)
 - o $4N$ chambres optionnelles périphériques (COP) avec
 N un entier positif ou nul. Lorsque N n'est pas
nul, la machine possède N familles de 4 chambres
optionnelles périphériques (COP) respectivement
15 voisines des chambres périphériques (CA, CB, CC, CD)
et désignées comme suit :
 - COPA1, COPB1, COPC1, COPD1,
 - COPA2, COPB2, COPC2, COPD2, ...
 - ... COPA[N], COPB[N], COPC[N], COPD[N],
- 20 - dans la variante « carter périphérique à rotation » :
 - o 4 chambres périphériques (CA, CB, CC, CD)
 - o une chambre centrale (CE).

Ainsi, **le piston octogonal à géométrie déformable**
25 (POGD) s'inscrit parfaitement dans le volume intérieur (VI)
en restant en contact avec le carter périphérique (CP) pour
séparer constamment l'ensemble de ces chambres, et **son**
mouvement périodique génère un intense balayage à effets
multiples :

- 30 * Le rapprochement de (TPB, TPD) le long de OX produit :
- une diminution du volume des chambres (CA) et (CC),
et simultanément,
 - une augmentation du volume des chambres (CB) et
(CD), et simultanément,

- un battement de la chambre centrale (CE) passant de son volume minimal à son volume maximal, et enfin retournant à un volume minimal,
 - et lorsque le moteur est équipé de chambres (COP) :
 - 5 ▪ une diminution/augmentation du volume des chambres (COPA) et (COPC) et simultanément,
 - une augmentation/diminution du volume des chambres (COPB) et (COPD).
- 10 * Puis le rapprochement de(TPA,TPC) le long de OY produit :
- une diminution du volume des chambres (CB) et (CD), et simultanément,
 - une augmentation du volume des chambres (CA) et (CC), et simultanément,
 - 15 - un battement de la chambre centrale (CE) passant de son volume minimal à son volume maximal, et enfin retournant à un volume minimal,
 - et lorsque le moteur est équipé de chambres (COP) :
 - 20 ▪ une diminution/augmentation du volume des chambres (COPB) et (COPD) et simultanément,
 - une augmentation/diminution du volume des chambres (COPA) et (COPC).

25 La chambre centrale (CE) a une volumétrie dont la période de variation est deux fois plus courte que celle de des autres chambres (CA,CB,CC,CD,COPA,COPB,COPC,COPD).

Le piston octogonal (POGD) génère donc à l'issue d'une période de son mouvement correspondant au rapprochement de (TPB,TPD), puis au rapprochement de(TPA,TPC) :

- 30
- 2 aspirations de la chambre centrale (CE)
 - 2 refoulements de la chambre centrale (CE)
 - 4 aspirations pour l'ensemble des chambres périphériques (CA,CB,CC,CD)

- 4 refoulements pour l'ensemble des chambres périphériques (CA, CB, CC, CD)
- 4N aspirations pour les 4N chambres optionnelles périphériques (COPA, COPB, COPC, COPD)
- 5 - 4N refoulements pour les 4N chambres optionnelles périphériques (COPA, COPB, COPC, COPD)

On a donc virtuellement sur une période du piston (POGD)

- Pour la variante « carter périphérique à rotation » :
6 chambres dont :
 - 10 o Deux chambres centrales (CE),
 - o Quatre chambres périphériques : une(CA), une(CB), une(CC) et une(CD),
- Pour la variante « carter périphérique à glissières » :
15 (6+4N) chambres dont :
 - o Deux chambres centrales (CE),
 - o Quatre chambres périphériques : une(CA), une(CB), une(CC) et une(CD),
 - o Lorsque N est un entier positif, 4N chambres optionnelles périphériques (COP) :
 - 20 ▪ (COPA1), (COPB1), (COPC1), (COPD1),
 - (COPA2), (COPB2), (COPC2), (COPD2), ...
 - (COPA[N]), (COPB[N]), (COPC[N]), (COPD[N]),

25 Dans tous les cas, **lorsque la machine (POGDC) est un moteur à combustion**, le cycle 4 temps (admission, compression, explosion/détente, échappement) est réalisable sur toutes les chambres. Ainsi, deux périodes du mouvement de (POGD) génèrera :

- 30 - 4 cycles 4T sur les chambres périphériques(CA, CB, CC, CD)
- 4N cycles 4T sur les chambres optionnelles(COP),
- 2 cycles 4T sur la chambre centrale(CE).

Selon une deuxième caractéristique complémentaire, conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à rotation » utilisée en moteur à combustion interne, on peut doubler le nombre de cycles des chambres 5 périphériques en installant sur chaque lobe du profil intérieur de (CPR) une lumière soufflante (LUS,LUS1,LUS2) et une lumière aspirante (LUA,LUA1,LUA2) pour chasser les gaz d'échappement par des gaz frais. Les flux à travers ces lumières sont garantis par des dispositifs annexes dont les 10 caractéristiques permettent :

- une *suralimentation* avec un dispositif soufflant (DS1,DS2), un dispositif aspirant (DA1,DA2), et éventuellement une restriction cyclique de débit (RCD1,RCD2) posée sur la lumière aspirante 15 (LUA1,LUA2), permettant à chaque fin d'admission une pression de suralimentation dans les chambres périphériques (CA,CB,CC,CD),
- un *recyclage des gaz d'échappement* avec un dispositif (DS1,DS2) soufflant modérément, un dispositif (DA1,DA2) aspirant faiblement, afin de laisser une 20 partie non négligeable des gaz brûlés dans le moteur pour le cycle suivant dans des buts de réduction de la consommation à faible charge du moteur.

La suralimentation et le recyclage des gaz sont ainsi 25 réalisés simultanément et simplement. Les dispositifs soufflant(DS1,DS2) et aspirant(DA1,DA2) peuvent être des turbines ou de simples réserves d'air maintenu comprimé ou dépressurisé par des pompes volumétriques dont la pression/dépression sont régulées en fonction des besoins 30 du moteur, soit par un accouplement mécanique sur l'arbre(ROT), soit par un pilotage de moteurs électriques. Dans la version « carter périphérique à glissières », la suralimentation et le recyclage des gaz d'échappement sont

possibles avec les moyens déjà utilisés sur les moteurs traditionnels à pistons.

Selon une troisième caractéristique complémentaire conforme à l'invention utilisée en moteur, il est possible de spécialiser en moteur/compresseur pneumatique l'une quelconque des chambres pour la récupération de l'énergie cinétique du véhicule. De préférence, la chambre centrale (CE) la mieux placée au centre de la machine (POGDC) pourra :

- 10 - aspirer et comprimer l'air ambiant dans un réservoir (RES) pendant tout le temps du freinage du véhicule.
- détendre l'air ainsi comprimé et le refouler vers l'atmosphère durant tout le temps de relance du véhicule.

15

La gestion de la chambre peut se faire de manière très simple avec des valves « tout ou rien » avec 3 lois de commande :

- tant que le frein est enfoncé seul : comprimer l'air
- 20 - si ni le frein, ni l'accélérateur ne sont enfoncés, maintenir le réservoir fermé,
- dès que l'accélérateur est enfoncé seul, détendre l'air.

25 Des lois plus élaborées sont naturellement envisageables avec le plein essor des capteurs et de l'électronique de commande embarqués sur les véhicules modernes. Afin d'éviter le refroidissement de l'air comprimé, le réservoir d'air comprimé sera utilement placé à proximité du carter (CP,CPG,CPR) : ainsi la chaleur habituellement perdue par le moteur sera en partie recyclée pour le réchauffage de l'air comprimé qui pourra donc fournir plus de travail mécanique lors de sa détente ultérieure.

30

Associations des machines POGDC aux machines MPRBC

Les machines POGDC dans leur variante « carter périphérique à glissières » ont une architecture étagée proche des machines à pistons rotatifs à battement contrôlé (MPRBC) avec des géométries de carter compatibles. Ainsi, selon une quatrième caractéristique complémentaire conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières »(CPG), les astroïdes (ASTA,ASTB,ASTC,ASTD) présentent une forme sensiblement circulaire concave aisément compatible avec la forme circulaire convexe du carter des machines à pistons rotatifs à battement contrôlé décrites dans la demande FR0708874 de la société SYCOMOREEN. On peut donc adjoindre à la machine POGDC jusqu'à 4 machines (MPRBC). La machine POGDC dans sa variante « carter périphérique à glissières » peut reprendre toutes les solutions technologiques de calages variables des soupapes, de taux de compression variable et de désactivations intermittentes de chambres telles que déjà décrites dans la demande (FR0708874) pour l'invention « machine à pistons rotatifs à battement contrôlé ».

Ainsi, certaines des chambres peuvent ne pas être utilisées dans certaines circonstances, afin de réduire les pertes par compression et détente de gaz.

Cela nécessite des systèmes électroniques de supervision des soupapes et des pistons de réglage du taux de compression dans chaque chambre pour atteindre des rendements optimaux pour la machine, selon les évolutions de son environnement. Enfin, avec l'accroissement du nombre de chambres, de préférence à volumétries différentes, presque n'importe quelle puissance partielle est possible en laissant à pleine charge une combinaison bien précise de chambres et en désactivant totalement les autres chambres. Ces désactivations seront aisées à condition d'utiliser un

calage variable des soupapes(SPP) et/ou en coupant l'injection de combustible sur les chambres concernées.

Mécanismes de conversions du mouvement (MCM)

Pour convertir le mouvement louvoyant de son parallélogramme en une rotation continue, le moteur ANTONOV utilise 2 chemins identiques débouchant sur 2 arbres tournants. Les concepts à losange déformable rotatif utilisent souvent 2 barres médianes reliant les centres de 2 côtés non consécutifs. Avec une symétrie octogonale, la présente invention accentue cette tendance à faire transiter la puissance par plusieurs chemins mécaniquement identiques au sein de la machine afin d'obtenir :

- un dimensionnement plus léger des pièces, en particulier celles convertissant le mouvement de translation alternée des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) en un mouvement de rotation continue de l'arbre de sortie (ROT,ROTA,ROTB,ROTC,ROTD),
- une réduction globale de leur coût grâce à l'obtention de séries plus importantes de pièces plus légères,
- une puissance élevée de la machine, intrinsèquement et parfaitement équilibrée, permettant ainsi une forte augmentation de sa vitesse de rotation.

25

Selon une première caractéristique alternative conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières », le mécanisme de conversion de mouvement (MCM) du type « bielle/vilebrequin » comprend :

- au moins une bielle articulée à sa première extrémité à l'une des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) et à sa seconde extrémité, montée sur l'excentrique d'un vilebrequin (ROT),

30

- au moins un vilebrequin (ROT) monté en pivot sur le carter (CPG)

Afin d'équilibrer la machine, ce dispositif générique type « bielle/vilebrequin » peut être dupliqué, notamment avec une architecture composée de 4 bielles et 4 vilebrequins associés à chacune des chambres périphériques (CA,CB,CC,CD), mais cela n'est nullement obligatoire.

Bien que la robustesse et le bon rendement d'un tel mécanisme de conversion soient acquis puisqu'ils équipent actuellement presque tous les moteurs à combustion interne, ce sont aussi de formidables balourds vibrants qui imposent en plus une cinématique totalement contrainte par l'excentricité du vilebrequin et la longueur de bielle.

15

Selon une seconde caractéristique alternative conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières », le mécanisme de conversion de mouvement (MCM) de type « mécanisme sinus », comprend :

- au moins une tête de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) présentant au moins une surface plane orthogonale à son axe de déplacement (OX ou OY), et de préférence deux surfaces planes formant une rainure(RAIB,RAID),

- au moins un vilebrequin (ROTB,ROTD) dont l'excentrique est constamment en appui plan sur la surface plane, et de préférence coulisse dans la rainure(RAIB,RAID).

Ce dispositif générique type « mécanisme sinus » peut être dupliqué, notamment avec une architecture composée de 4 vilebrequins associés à chacune des chambres périphériques (CA,CB,CC,CD). Ce mécanisme, bien qu'équilibré, impose une cinématique sinusoïdale éventuellement contraignante.

30

Le mécanisme à bielle et vilebrequin, ou bien le mécanisme sinus ne sont donc par les plus performants pour contrôler le battement du piston octogonal à géométrie déformable(POGD).

5

Selon une troisième caractéristique alternative conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières », le mécanisme de conversion de mouvement (MCM) de type « cames rotatives complexes »,
10 comprend :

- au moins une tête de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) présentant au moins un galet extérieur (GAL)

- au moins une came rotative (CAM,CAMA,CAMB,CAMC,CAMD) dont le profil intérieur et/ou extérieur reste
15 constamment en appui sur le galet (GALA,GALB,GALC,GALD).

Lorsque les cames (CAMA,CAMB,CAMC,CAMD) sont multilobées, il n'est pas nécessaire de dupliquer ce dispositif pour équilibrer la machine. Cependant, différentes options sont possibles pour ce dispositif
20 générique de type « cames rotatives complexes » :

- une architecture composée de 4 cames rotatives (CAMA,CAMB,CAMC,CAMD) en appui sur chacune des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) via leur galet(GALA,GALB,GALC,GALD), afin d'avoir jusqu'à 4 arbres rotatifs
25 (ROTA,ROTB,ROTC,ROTD) dont certains peuvent actionner des accessoires (pompes, alternateurs...)

- ou bien une seule came centrale rotative (CAM) complexe dont le profil intérieur et/ou extérieur reste constamment en appui avec au moins un
30 galet(GALA,GALB,GALC,GALD) parmi les 4 têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD), mais de préférence sur 2 ou 4 galets (cela n'est possible que pour certains facteurs de surmultilobage).

Et dans tous les cas :

- les cames peuvent être surmultilobées pour augmenter la compacité de la machine et/ou augmenter le nombre de galets constamment au contact de la came(CAM),

5 - les galets sont solidaires des têtes de piston et exercent un effort sur la ou les cames rotatives pour les entraîner en rotation, et,

o s'il n'y a qu'une seule came rotative, l'arbre tournant(ROT) en est simplement solidaire,

10 o s'il y a plusieurs cames rotatives, les arbres tournants (ROTA,ROTB,ROTC,ROTD) sont simplement solidaires des cames (CAMA,CAMB,CAMC,CAMD) et si nécessaire, peuvent être reliés par l'intermédiaire d'engrenages, de chaînes ou de
15 courroies crantées.

Les cames rotatives complexes comportent au moins un lobe, et de préférence, un nombre entier de lobes supérieur ou égal à 2. Ceci permet d'équilibrer les cames dans leur rotation et d'avoir en même temps un rôle de
20 démultiplication du mouvement à haut rendement et encombrement réduit. Mais des contraintes techniques sur :

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

25 peuvent imposer une augmentation du diamètre moyen des cames rotatives pour des nombres importants de lobes.

La fiabilité et l'efficacité des mécanismes à cames et galets ne sont plus à démontrer puisqu'ils équipent actuellement presque tous les moteurs à combustion interne
30 pour commander leurs soupapes.

Lorsque la machine POGD est utilisée en combinaison avec une ou plusieurs machines PRBC, utilisant elles-aussi des cames centrales rotatives possiblement surmultilobées, il est très facile d'ajouter et collecter les puissances de

chaque machine en adaptant un jeu de poulies/courroies ou d'engrenages récupérant le mouvement rotatif de chaque came.

Dans sa variante « carter périphérique à rotation »,
 le mécanisme de conversion de mouvement est caractérisé par
 l'orthogonalité des médianes(OX,OY) du piston(POGD) qui est
 assurée par le coulisement des galets(GALA,GALB,GALC,GALD)
 5 des aligneurs(ALIA,ALIB,ALIC,ALID) et éventuellement des
 butées(BUTA,BUTB,BUTC,BUTD) dans des rainures à axes
 orthogonaux. Le profil à 2 lobes peut alors être vu comme
 une came à partir de laquelle on peut calculer un chemin de
 roulement interne ou externe pour des galets
 10 (GALA,GALB,GALC,GALD) montés respectivement sur les
 extrémités des têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD). *Ce profil
 doit respecter des relations mathématiques de périodicité,
 de continuité et de dérivabilité en tout point.* Cela laisse
 néanmoins une très grande liberté de profil pour contrôler
 15 le mouvement des médianes(OX,OY) du piston octogonal (POGD)
 dans leur rotation relative par rapport au carter
 périphérique (CPR). A partir de ce chemin de roulement, il
 est aussi possible de déduire mathématiquement les chemins
 entrecroisés surmultilobés(CES) de roulement de la plaque
 20 circulaire de réduction du mouvement (CES), d'un facteur
 entier supérieur ou égal à 2.

Machine POGDC à taux de compression variable

25 Selon une autre caractéristique complémentaire
 conforme à l'invention dans l'une quelconque de ses
 variantes, la machine(POGDC) présente en outre de
 préférence les caractéristiques suivantes de manière à
 permettre possiblement pour toutes les chambres un taux de
 30 compression variable :

- le volume de chaque chambre (CA,CB,CC,CD,CE,COPA,
 COPB,COPC,COPD) varie au cours d'un mouvement périodique de
 piston (POGD), entre un volume de compression (minimal) et
 un volume d'aspiration (maximal),

- le dispositif comprend en outre pour chaque chambre au moins un organe de modification de volume (VAR,VARA,VARB,VARC,VARD) communiquant avec la chambre et mobile entre une position avancée et une position reculée.

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

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

10 Selon une caractéristique complémentaire conforme à l'invention, l'organe de modification de volume porte de préférence un injecteur et/ou une bougie d'allumage (INJ,INJA,INJB,INJC,INJD) tel que déjà exposé dans la demande 0708874 de la « machine à pistons rotatifs à battement contrôlé ».

15 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 (ALE) ou bien
20 dans le carter(CPG).

Dans sa variante « carter périphérique à rotation », le dispositif n'a pas besoin de soupapes et le réglage du taux de compression reste possible par la même méthode, mais il est moins aisé.

25 Enfin, dans tous les cas, l'injection forcée de fluide frais pour chasser les gaz brûlés est possible pour utiliser un cycle 2 temps dans chaque chambre. Toutefois, l'exceptionnelle compacité de la machine, même en cycle 4 temps, et les avantages du cycle 4 temps pour dépolluer les
30 gaz d'échappement font qu'une machine POGDC 2 temps ne sera justifiée que sur des applications très spécifiques.

Segmentation des machines POGDC

Selon une dernière caractéristique complémentaire conforme à l'invention, les têtes de piston (TPA,TPB,TPC,TPD) et/ou le carter (CP) peuvent être équipés de segments racleurs (SEGA,SEGB,SEGC,SEGD) pour améliorer l'étanchéité des chambres (CA,CB,CC,CD,CE,COP). Les segments au niveau des astroïdes seront notamment nécessaires dans les versions « carter périphérique à glissières ».

Toutes ces caractéristiques garantissent ainsi une très haute compacité de la machine(POGDC) par l'aspiration et le refoulement d'une grande quantité de fluide en un seul tour d'arbre (ROT,ROTA,ROTB,ROTC,ROTD), et sa pleine adéquation avec les besoins actuels de réduction de la consommation, car les machines POGDC, éventuellement en combinaison avec les MPRBC, pourront contribuer à une hybridation franche des groupes motopropulseurs en laissant plus de place pour les batteries, et plus généralement pour des fonctions diverses et plus nobles que le groupe motopropulseur.

DESCRIPTION DETAILLEE DES FIGURES

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

- la figure 1A illustre en perspective un piston octogonal à géométrie déformable (POGD) à têtes de piston arrondies,

10 - la figure 1B montre en perspective éclatée un piston octogonal à géométrie déformable (POGD) à têtes de piston arrondies,

- la figure 1C illustre en perspective un piston octogonal à géométrie déformable (POGD) avec 2 têtes de piston tronquées et 2 autres rainurées,

15 - la figure 1D montre en perspective un piston octogonal à géométrie déformable (POGD) avec 4 têtes de piston équipées de sections rectangulaires pour former des chambres optionnelles périphériques(COP),

20 - les figures 2A et 2B présentent l'intégration d'un piston (POGD) de la figure 1C dans un carter périphérique à glissières(CPG),

- les figures 2C et 2D illustrent l'intégration d'un piston (POGD) de la figure 1D dans un carter périphérique à glissières(CPG) à chambres(COP),

25 - les figures 2E et 2F sont respectivement des vues éclatée et de profil de la figure 2A,

- les figures 2G et 2H présentent l'intégration d'un piston (POGD) de la figure 1A dans un carter périphérique à rotation(CPR),

30 - la figure 3A montre une vue de face d'un carter périphérique à glissières(CPG) et ses chambres et équipements de combustion,

- la figure 3B montre une vue de face d'un carter périphérique à rotation(CPR) et ses chambres et équipements de combustion,

5 - la figure 3C illustre un carter périphérique à glissières(CPG) avec chambres optionnelles périphériques(COP),

- la figure 4A met en évidence les soupapes(SPP) d'échanges gazeux pour un carter périphérique à glissière(CPG),

10 - la figure 4B est une vue éclatée et en perspective de la figure 3A,

- la figure 4C est une vue éclatée et en perspective d'une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières »

15 - la figure 4C est la vue assemblée de la figure 4D, et en perspective d'une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à glissières »

20 - les figures 4E et 4F sont des vues de face et arrière de la figure 4D, avec mécanisme « sinus »

- la figure 4G illustre une possibilité de graissage/lubrification du piston(POGD)

25 - la figure 4H montre une possibilité de piston de réglage du taux de compression des chambres périphériques intégré dans le carter périphérique à glissières(CPG),

- les figures 4I et 4J décrivent l'implantation d'ailettes de refroidissement et de soupapes(SPP),

30 - les figures 4K,4L et 4M montrent une possibilité de piston de réglage du taux de compression pour la chambre centrale implanté à proximité du carter (CPG,CPR)

- les figures 5A et 5B sont deux vues éclatées et en perspective d'une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa variante « carter périphérique à rotation »

- la figure 5C est une vue en perspective d'un piston (POGD) de la figure 1A et de la chaîne cinématique de conversion de son mouvement dans la variante « carter périphérique à rotation »,

5 - les figures 5D et 5E détaillent la figure 5C respectivement en vue de face et en position accolée du piston (POGD),

- les figures 5F et 5G détaillent l'implantation des galets pour la cinématique de la figure 5C,

10 - la figure 5H montre en perspective éclatée un dispositif conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à rotation » équipé d'un stockage pneumatique,

- la figure 6A représente une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à glissières » équipée d'un mécanisme de conversion de mouvement(MCM) à 4 cames monolobées

- les figures 6B,6C,6D,6E,6F,6G,6H,6I montrent des variantes de la figure 6A avec 4 cames surmultilobées d'un facteur respectif 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9,

20 - les figures 6J et 6K suggèrent les possibilités d'engrènement d'arbres rotatifs solidaires des cames,

- la figure 6L représente une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à glissières » équipée d'un mécanisme de conversion de mouvement(MCM) à une seule came centrale monolobée,

- les figures 6M,6N,6O,6P,6Q,6R,6S,6T,6U,6V et 6W montrent des variantes de la figure 6L avec une seule came centrale rotative surmultilobée d'un facteur respectif 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16 et 18.

30 - la figure 7A illustre le squelette cinématique d'une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à rotation »,

- les figures 7B et 7C montrent comment garantir l'orthogonalité des médianes(OX,OY) des petits côtés du piston octogonal à géométrie déformable (POGD),

5 - la figure 7D présente un chemin entrecroisé pour les galets permettant de réduire le mouvement de rotation des médianes(OX,OY) de la figure 7A d'un facteur 2,

- la figure 7E illustre le rotor à chemin entrecroisé qui en découle,

10 - les figures 7F, 7G, 7H et 7I représentent des variantes de la figure 7E avec une réduction de la vitesse de rotation d'un facteur respectif 3, 4, 5 et 6.

DESCRIPTION DETAILLEE DES MACHINES POGDC

15

La figure 1A présente un piston octogonal à géométrie déformable(POGD) constitué d'un enchaînement cyclique et alterné de 4 bielles(BA,BB,BC,BD) à entraxe long et de 4 têtes de piston(TPA,TPB,TPC,TPD) à entraxe court. Les têtes de piston sont ici arrondies pour être idéalement accueillies dans un carter périphérique à rotation(CPR). Elles sont aussi équipées d'au moins un segment (SEGA,SEGB,SEGC,SEGD) à leur extrémité pour assurer une fonction d'étanchéité avec le carter périphérique à rotation(CPR). Ces segments peuvent être maintenus par des ressorts internes aux têtes(TPA,TPB,TPC,TPD) de piston(POGD) et/ou sont naturellement attirés vers le carter par la force centrifuge si le piston(POGD) est rotatif.

30

La géométrie octogonale et les articulations sont assurées par 8 goupilles(GO1,GO2,GO3,GO4,GO5,GO6,GO7,GO8) reliant chacune une tête de piston et une bielle. La figure 1B montre la vue éclatée de l'assemblage ainsi constitué.

Les goupilles peuvent être lubrifiées de façon à former une liaison pivot robuste, étanche et à faible frottement.

Les modes de fabrication des bielles(BA, BB, BC, BD) et têtes de piston(TPA, TPB, TPC, TPD) peuvent être notamment le moulage, l'usinage, l'extrusion... Toutefois, les bielles et les têtes de piston sont des pièces stratifiées et peuvent être simplement obtenues par empilement de sous-pièces plus minces et de forme adéquate, par exemple en tôles découpées ou usinées avec des séries importantes abaissant les coûts de fabrication. L'empilement peut être rigidifié simplement par des profilés cylindriques enfoncés de force (ajustement serré sous presse) dans des perçages prévus à cet effet. Avec 8 goupilles en ajustement légèrement glissant, on obtient ainsi 8 liaisons-pivot sous la forme de charnières étanches et mécaniquement très robustes.

La figure 1C présente un piston octogonal à géométrie déformable(POGD) constitué d'un enchaînement cyclique et alterné de 4 bielles(BA, BB, BC, BD) à entraxe long et de 4 têtes de piston(TPA, TPB, TPC, TPD) à entraxe court. Deux des têtes de piston sont ici tronquées(TPA, TPC) et les deux autres sont équipées d'une rainure(TPB, RAIB; TPD, RAID) pour être idéalement accueillies dans un carter périphérique à glissières(CPG) avec un mécanisme de conversion de mouvement(MCM) de type « sinus ». Sur leur flanc, les têtes de pistons sont creusées pour recevoir périodiquement un lubrifiant, lequel se propage naturellement à tout le piston (POGD) par un réseau de conduits prévus à cet effet aussi bien dans les têtes de piston(TPA, TPB, TPC, TPD) que dans les bielles(BA, BB, BC, BD). De même qu'à la figure 1A, les bielles et les têtes de piston sont des pièces stratifiées et peuvent être simplement obtenues par empilement de sous-pièces plus minces et de forme adéquate.

La figure 1D présente un piston octogonal à géométrie déformable(POGD) constitué d'un enchaînement cyclique et alterné de 4 bielles(BA, BB, BC, BD) à entraxe long et de 4

têtes de piston(TPA,TPB,TPC,TPD) à entraxe court. Les têtes de piston sont ici munies de sections rectangulaires pour être idéalement accueillies dans un carter périphérique à glissières(CPG) avec chambres optionnelles périphériques (COP). Le caractère rectangulaire de ces sections n'est pas indispensable, mais il maximise le volume balayé. Les têtes de piston portent aussi des galets (GALA,GALB,GALC,GALD) sur leur flanc pour communiquer de préférence à une « came rotative surmultilobée » leur mouvement de translation alternée. Ainsi, on obtient les meilleures machines à piston octogonal à géométrie déformable contrôlée (machine POGDC). La lubrification se fait de la même façon que pour la figure 1B. De même qu'aux figures 1A ou 1B, les bielles et les têtes de piston sont des pièces stratifiées et peuvent être simplement obtenues par empilement de sous-pièces plus minces et de forme adéquate.

La figure 2A présente une machine(POGDC) basée sur un mécanisme sinus et le piston POGD de la figure 1C. L'arbre de sortie(ROT) est un vilebrequin dont l'excentrique coulisse dans la rainure de la tête de piston D(TPD). On pourrait symétriquement avoir un deuxième rotor sur la tête de piston B(TPB). Dans cette configuration, la machine est parfaitement équilibrée (centre de gravité fixe car coulissement symétrique de TPA et TPC le long de OY et de TPB et TPD le long de OX). La figure 2B montre le montage du piston POGD dans le volume intérieur(VI) du carter périphérique à glissières(CPG) et de sa plaque arrière de fermeture(PF1).

La figure 2C présente une machine(POGDC) dans sa version à carter périphérique à glissières (CPG) et comportant des chambres optionnelles périphériques. Avec seulement 2 sections rectangulaires additionnelles par tête de piston, on obtient 16 chambres supplémentaires offrant une volumétrie additionnelle très appréciable sans augmenter significativement l'encombrement de la machine.

Le caractère rectangulaire des sections n'est pas indispensable, mais il maximise le volume balayé par les chambres additionnelles. Cette configuration se prête particulièrement à la récupération du mouvement par galets(GALA,GALB,GALC,GALD). La figure 2D montre le montage du piston POGD de la figure 1D dans le volume intérieur(VI) du carter périphérique à glissières(CPG) et de sa plaque arrière de fermeture(PF1), laquelle peut aussi être intégrée directement sur le carter périphérique(CPG).

La figure 2E est une vue éclatée de la figure 2A où l'on distingue toutes les pièces essentielles : bielles(BA,BB,BC,BD), têtes de piston(TPA,TPB,TPC,TPD), carter périphérique à glissières(CPG), mais aussi des segments d'étanchéité(SEG) répartis sur les portions astroïdales(ASTA,ASTB,ASTC,ASTD) du carter(CPG). Ces segments sont nécessaires pour bloquer les transferts de fluides qui pourraient survenir lors de différences de pression entre 2 chambres périphériques consécutives.

La figure 2F est une vue de profil de la figure 2A où les 2 vilebrequins(ROTB,ROTD) sont présents et convertissent le mouvement de translation alternée des têtes de piston(TPB,TPD). De bas en haut, la structure de la machine POGDC est schématiquement étagée avec un réseau de lubrification(LUB), l'étage du piston POGD où ont lieu les conversions thermomécaniques, et en partie supérieure les soupapes(SPP) destinées aux échanges gazeux. Aussi bien à l'échappement qu'à l'admission, ces soupapes sont possiblement à calage variable entièrement pilotable en phase et en ouverture (voir demande 0708874 Machine à pistons rotatifs à battement contrôlé). En partie basse, un dispositif optionnel est implanté pour assurer le réglage du taux de compression de la chambre centrale(CE). Il est constitué d'un alésage(ALE), d'un piston de variation (VARE) du volume minimum de la chambre CE, ce piston pouvant porter l'injecteur(INJE) de combustible si l'on

choisit une injection directe et/ou une bougie pour les moteurs à allumage commandé. Cette organisation permet d'empêcher toute collision de l'injecteur avec des pièces mobiles et garantit une plage de variation du taux de compression importante. Le piston de réglage(VARE) peut être positionné notamment par une pression d'huile dans l'alésage(ALE) ou bien par un moteur électrique à mouvement démultiplié, par exemple par une cascade de roues/vis sans fin (non représentés). Pour les chambres périphériques(CA,CB,CC,CD), il est aussi possible d'avoir un taux de compression variable et la figure 2F en présente une réalisation similaire avec des pistons de variation(VARB,VARD) du volume minimal des chambres portant l'injecteur de combustible et/ou la bougie(INJB,INJD) utilisant directement le carter(CPG) comme alésage, parmi d'autres alternatives d'implantation, notamment avec des alésages additionnels sur les plaques de fermeture(PF1 ou PF2) du carter(CPG) comme présenté pour la chambre(CE).

La figure 2G présente une machine POGDC dans sa version carter périphérique à rotation(CPR) où le piston POGD de la figure 1A est inséré dans le carter(CPR). Ce carter présente un profil intérieur bilobé tel qu'un mouvement de rotation relatif entre le piston POGD et le carter(CPR) autour du centre de la machine(POGDC) induit un battement de l'octogone du piston et des variations volumétriques cycliques aussi bien pour les chambres périphériques(CA,CB,CC,CD) que pour la chambre centrale(CE). La figure 2H montre une vue éclatée de la machine POGDC dans sa version carter périphérique à rotation(CPR). De préférence, le fonctionnement se fait en fixant le carter avec rotation des axes(OX,OY) du piston POGD, mais on peut aussi envisager que les axes soient immobiles et c'est alors le carter(CPR) qui tourne.

La figure 3A illustre en détail, et en vue de face, les différentes chambres définies dans le volume

intérieur(VI) d'un carter périphérique à glissières(CPG) par un piston POGD. Le volume intérieur est ainsi divisé en quatre chambres périphériques(CA,CB,CC,CD) et une chambre centrale(CE). Le carter(CPG) se compose d'une succession de portions rectilignes reliées entre elles par des portions astroïdales(ASTA,ASTB,ASTC,ASTD). La chambre centrale se particularise par des variations volumétriques 2 fois plus rapides que celles des chambres périphériques.

La figure 3B illustre en détail, et en vue de face, les différentes chambres définies dans le volume intérieur(VI) d'un carter périphérique à rotation (CPR) par un piston POGD. Le volume intérieur est ainsi divisé en quatre chambres périphériques(CA,CB,CC,CD) et une chambre centrale(CE). Cette dernière se particularise par des variations volumétriques 2 fois plus rapides que celles des chambres périphériques. Le carter(CPR) se compose d'un profil intérieur à deux lobes et de deux lumières statiques (LUP1,LUP2) permettant naturellement les aspirations et les refoulements des chambres périphériques(CA,CB,CC,CD), et de deux autres lumières(LUE1,LUE2) permettant à l'aide de soupapes d'assurer les aspirations et les refoulements de la chambre centrale(CE).

La figure 3C montre en détail, et en perspective, les différentes chambres définies dans le volume intérieur(VI) d'un carter périphérique à glissières (CPG) par un piston POGD équipé de sections pour obtenir des chambres optionnelles périphériques(COP). Dans l'exemple illustré, 2 sections rectangulaires sont montées sur chaque tête de piston(TPA,TPB,TPC,TPD) ; en faisant travailler les 2 sections sur leurs deux faces, cela ajoute 4 chambres(COP) par tête de piston, soit un total de 16 chambres (COPA1,COPA2,COPA3,COPA4 ; COPB1,COPB2,COPB3,COPB4 ; COPC1,COPC2,COPC3,COPC4 ; COPD1,COPD2,COPD3,COPD4). Ces chambres COP ont la même vitesse de variation volumétrique que les chambres périphériques(CA,CB,CC,CD) tandis que la

chambre centrale se particularise par des variations volumétriques 2 fois plus rapides que celles de toutes les chambres périphériques (CA, CB, CC, CD, COP).

La figure 4A présente une possibilité d'implantation de soupapes rotatives (SPP) à calage variable entièrement pilotable en phase et en ouverture pour assurer les échappements des 4 chambres périphériques (CA, CB, CC, CD) et de la chambre centrale (CE). Des courroies (COU1, COU2, COU3) assurent la rotation continue des soupapes (SPP), et deux conduites, l'une d'échappement (ECH) et l'autre d'admission (ADM) assurent respectivement l'évacuation des gaz brûlés et la distribution de l'air frais dans le cas d'un moteur à combustion. L'implantation d'ailettes (AIL) de refroidissement est également possible, mais on peut aussi assurer un refroidissement par la circulation d'un fluide frais directement dans le carter (CPG). La figure 4B est une vue partielle et éclatée de la 4A.

La figure 4C est une vue éclatée avec la quasi-totalité des pièces d'une machine (POGDC) conforme à l'invention dans sa variante carter périphérique à glissières (CPG) avec un mécanisme sinus de conversion du mouvement à deux vilebrequins (ROTB, ROTD) : tel qu'illustré, tous les équipements d'optimisation de la combustion sont présents pour assurer un taux de compression variable (VARA, VARB, VARC, VARD, VARE, ALE), une bougie et/ou une injection directe (INJA, INJB, INJC, INJD) et un calage variable (SPP) entièrement pilotable en phase et en ouverture indépendamment sur chaque chambre de combustion (CA, CB, CC, CD, CE).

La figure 4D est la machine (POGDC) assemblée et vue en perspective du côté de son étage d'échanges gazeux correspondant à la figure éclatée 4C. La figure 4E est la vue de face sur les soupapes (SPP) et la figure 4F la vue arrière sur l'étage de lubrification (LUB) et les organes

d'injection et de réglage du taux de compression(VARE, INJE,ALE) de la chambre centrale.

Les figures 4G et 4H montrent l'implantation au niveau de la tête de piston(TPD) d'un dispositif de variation du
 5 taux de compression basé sur un piston (VARD) permettant de régler le volume minimum de la chambre et portant l'injecteur(INJD). L'alésage est directement intégré dans le carter(CPG). La position du piston(VARD) peut être
 10 réglée par de l'huile sous pression ou plus généralement par un organe à force importante et mouvement lent et précis. Cet arrangement est aussi valable pour les 3 autres chambres périphériques(CA,CB,CC), et pour la chambre centrale(CE) en utilisant l'alésage additionnel(ALE).

Les figures 4I et 4J présentent une vue en perspective
 15 des ailettes(AIL) de refroidissement et des soupapes(SPP) pour une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa variante carter périphérique à glissières(CPG). On distingue deux conduits séparés(ECH) et (ADM) assurant respectivement la collecte des gaz brûlés et la
 20 distribution de l'air frais pour un moteur à combustion. Les courroies(COU1,COU2,COU3) assurent la rotation continue des soupapes(SPP), et, bien que ce ne soit pas représenté, sont entraînées en rotation par au moins un des rotors(ROTB,ROTD) placés à proximité. Chaque soupape(SPP)
 25 présente un arbre de réglage(REG) permettant le calage variable entièrement pilotable en phase et en ouverture par des moteurs électriques les actionnant (non représentés). D'autres systèmes de soupapes sont envisageables : électromagnétiques à tiroirs, traditionnelles à ressort,
 30 etc... Les ailettes de refroidissement peuvent être remplacées par des conduites internes au carter(CPG) et parcourues par un fluide frais. Ces deux possibilités de refroidissement(à ailettes ou à fluide interne) sont aussi valables pour la version carter périphérique à
 35 rotation(CPR).

La figure 4K est une vue en coupe du cœur du moteur où l'on distingue les pistons de réglage(VARB,VARE) du volume minimum des chambres(CA,CB,CC,CD,CE) qui portant les bougies et/ou les injecteurs(INJB,INJE) si l'on désire une injection directe. Les deux possibilités pour les organes de réglage du taux de compression sont l'utilisation directe du carter(CPG) comme alésage, ou bien un alésage additionnel(ALE) placé sur le flanc de la machine(POGDC). On pourrait notamment n'utiliser que des alésages additionnels pour toutes les chambres(CA,CB,CC,CD,CE,COP), comme déjà décrit pour la machine à pistons rotatifs à battement contrôlé dans la demande FR0708874 de SYCOMOREEN.

Les figures 4K et 4L montrent comment l'étage de lubrification(LUB) peut propager le lubrifiant sur la totalité du piston POGD à chaque passage de la tête de piston(TPA,TPB,TPC,TPD) au-dessus des canaux d'amenée.

La figure 5A présente une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa variante carter périphérique à rotation(CPR) comprenant une réserve pneumatique(RES) alimentée ou détendue dans la chambre centrale(CE). La machine POGDC présentée est un moteur avec 4 chambres de combustion(CA,CB,CC,CD) dont les échanges gazeux sont assurés par deux dispositifs souffleurs(DS1,DS2) d'air frais à travers les lumières(LUS1,LUS2) et/ou deux dispositifs aspirateurs(DA1,DA2) de gaz brûlés à travers les lumières(LUA1,LUA2). Tel qu'illustré, il est possible d'avoir un taux de compression variable en partie haute et basse du carter périphérique à rotation(CPR) dans lequel coulissent des pistons de réglage(VARA,VARB) pouvant porter un injecteur de combustible(INJA,INJB) si l'injection directe est requise, et/ou la bougie pour un moteur à allumage commandé.

Telle que présentée, la machine POGDC réalise ainsi une explosion/détente à chaque fois qu'une bielle(BA,BB,BC,BD) se présente face à

l'injecteur(INJA,INJB) aussi bien en haut qu'en bas. Si la machine fonctionnait sur une aspiration et un refoulement naturels tel que décrit en fig. 3B, l'explosion/détente n'aurait lieu que sur le côté opposé aux lumières d'admission et d'échappement(LUP1,LUP2) et il y aurait donc 5 2 fois moins de cycles par tour. Ainsi, les dispositifs soufflant et aspirant multiplient par deux la compacité de la machine, mais leur rôle peut aller plus loin : le dispositif soufflant peut assurer la suralimentation, en particulier si le dispositif aspirant est équipé d'une 10 restriction cyclique de débit(RCD1,RCD2) permettant à la pression d'augmenter pour les phases d'admission des chambres périphériques. On peut également recycler très simplement les gaz brûlés en injectant peu d'air frais à 15 chaque passage des têtes de piston(TPA,TPB,TPC,TPD) devant les lumières(LUA1,LUA2).

Les dispositifs(DA1,DA2,DS1,DS2) peuvent être des turbines accouplées à l'arbre(ROT), ou bien actionnées par moteur électrique additionnel. De même, ils peuvent être 20 aussi des réserves d'air comprimé et/ou dépressurisé par des pompes volumétriques. On peut d'ailleurs se servir de la réserve pneumatique(RES) pour suralimenter.

Toutefois, la vocation première de la réserve pneumatique n'est pas la suralimentation, mais le freinage récupératif, notamment pour les véhicules urbains. Il est 25 en effet connu que l'hybridation électrique/thermique est actuellement difficile à cause du poids des batteries et de leur difficulté à se recharger rapidement au cours d'un freinage. Des solutions complexes commencent à émerger, 30 comme les supercondensateurs ou l'électronique de puissance embarquée, ou bien des batteries perfectionnées, mais elles demeurent coûteuses. Ainsi, la réserve pneumatique constitue une solution simple et efficace pour stocker une grosse partie de l'énergie cinétique d'un véhicule, comme 35 pour la lui restituer lors de la détente ultérieure des gaz

lors de la relance du véhicule. Le fait de placer la réserve(RES) à proximité du carter(CPR) chaud permet même, tout en refroidissant ce carter(CPR), de réchauffer les gaz comprimés dans le réservoir(RES) et donc de fournir une
 5 énergie supplémentaire à la détente par récupération à la fois de l'énergie cinétique du véhicule et de l'énergie thermique dissipée par le bloc, énergies habituellement totalement perdues.

En marge de cette fonction principale, la réserve
 10 d'air comprimé peut utilement servir de démarreur, totalement insensible au froid, contrairement aux batteries. Il faudra simplement prendre soin de comprimer suffisamment d'air dans la réserve avant la coupure du moteur POGDC. Cela peut être géré par une supervision
 15 électronique pour libérer l'esprit de l'utilisateur.

La figure 5B est une vue renversée de la fig.5A avec la réserve(RES) masquée.

La figure 5C est une vue en perspective d'un piston (POGD) de la figure 1A avec une chaîne cinématique pour
 20 récupérer le mouvement de rotation des médianes(OX,OY) reliant les têtes de piston diamétralement opposées du piston(POGD). Dans sa conception la plus simple, il suffit d'un rotor circulaire avec 4 rainures usinées en croix dans lesquelles viennent s'insérer les galets(GALA,GALB,GALC,
 25 GALD), les aligneurs (ALIA,ALIB,ALIC,ALID) et optionnellement des butées(BUTA,BUTB,BUTC,BUTD) permettant d'aligner parfaitement les têtes de piston(TPB,TPD) le long de l'axe(OX) et (TPA,TPC) le long de l'axe(OY). On garantit ainsi l'orthogonalité des médianes(OX,OY). On trouve un
 30 arrière-plan technologique de cette transmission dans les figures 8 à 15 de GB.278.648A intitulé « improvements in or relating to rotary engine » déposé en 1926 par « the Yodder Morris Company », mais aussi aux figures(3,4,6,7,9,10) de DE.1.551.129 intitulé « Wechselkolbenmaschine » par «
 35 Moorex Industrie » en 1965 qui utilisaient les médianes

d'un losange déformable pour convertir le mouvement de chat/souris des moteurs à pistons rotatifs coaxiaux. La présente invention apporte ici plusieurs éléments nouveaux par rapport à la problématique de GB278648A : le piston

5 POGD est octogonal et il faut garantir l'alignement des têtes de piston sur les médianes(OX,OY) du piston(POGD) ; celui-ci est directement soumis à la pression du fluide ; il est possible de démultiplier la rotation de(ROT) en lui accolant une plaque circulaire à chemins entrecroisés

10 surmultilobés(CES), tel qu'illustré à la figure 5C. Ainsi, la chaîne cinématique de conversion du mouvement d'une machine POGDC dans sa variante « carter périphérique à rotation » récupère le mouvement des axes(OX,OY) avec un rotor(ROT) à rainures en croix et on laisse les

15 galets(GALA,GALB,GALC,GALD), les aligneurs (ALIA,ALIB,ALIC,ALID) et optionnellement des butées(BUTA,BUTB,BUTC,BUTD) traverser le rotor(ROT) et y coulisser. Les galets(GALA,GALB,GALC,GALD) peuvent être prolongés pour pouvoir coulisser aussi dans les chemins entrecroisés

20 surmultilobés de la plaque circulaire(CES). Il est possible de calculer ces chemins pour une facteur k de réduction allant de 1 à l'infini. Lorsque ce facteur vaut 1, les chemins ne s'entrecroisent pas et se confondent avec la croix formée par les rainures du rotor(ROT). Lorsqu'il vaut

25 2, il apparaît 8 chemins entrecroisés sur la plaque(CES). Plus généralement, pour un facteur de réduction k , il faudra $4k$ chemins entrecroisés sur la plaque(CES). Tel qu'illustré à la figure 5C, le facteur 2 a été retenu pour avoir 8 chemins entrecroisés sur la plaque(CES). Ce facteur

30 k multiplie par k la compacité de la machine car la plaque(CES) joue un rôle de réduction du mouvement à haut rendement pour un encombrement très faible. Bien que théoriquement possible, k ne peut pas augmenter au-delà de

5 ou 6 car les chemins entrecroisés se rapprochent trop, voire se superposent, lorsque k est trop grand.

Les figures 5D et 5E détaillent respectivement en vue de face et en position accolée la figure 5C, tandis que les figures 5F et 5G détaillent l'implantation des galets (GALA, GALB, GALC, GALD), des aligneurs (ALIA, ALIB, ALIC, ALID) et des butées (BUTA, BUTB, BUTC, BUTD), pour la cinématique de la figure 5C,

La figure 5H montre en perspective éclatée un dispositif conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à rotation » équipé d'un stockage pneumatique, en ayant masqué les dispositifs souffleurs (DS1, DS2) et aspirateurs (DA1, DA2), et en faisant apparaître la chaîne cinématique de conversion du mouvement avec un centrage de la plaque (CES) par 4 axes (AX1, AX2, AX3) pouvant porter des roulements. Dès la génération du mouvement (avec les galets) jusqu'au bout de la chaîne de conversion, on a ainsi une transmission de la puissance se faisant uniquement à travers des roulements, avec de très bons rendements mécaniques.

La figure 6A représente une machine (POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à glissières » équipée d'un mécanisme de conversion de mouvement (MCM) à 4 cames monolobées.

Ce mécanisme « came rotative complexe » permet, selon la forme des cames, de générer des lois cinématiques extrêmement variées pour convertir le mouvement de translation alternée des têtes de piston (TPA, TPB, TPC, TPD) en un mouvement de rotation continue de l'arbre moteur (ROT, ROTA, ROTB, ROTC, ROTD). Il n'engendre pratiquement aucun frottement lorsque le galet est monté sur roulements.

La machines POGDC est représentée avec 4 machines à pistons rotatifs à battement contrôlé (MPRBC). Le moteur dispose de familles de chambres ayant une volumétrie inégale : à condition de l'équiper d'un système efficace de

désactivation intermittente des chambres, les moteurs thermiques POGDC, en particulier leur variante à « carter périphérique à glissières » peuvent presque atteindre n'importe quelle puissance partielle tout en gardant la pleine charge sur chacune de leurs chambres restées actives, et donc maintenir un bon rendement de combustion même en puissance partielle. Cette caractéristique s'affirme encore plus lorsque les machines POGDC en version « carter périphérique à glissières » sont combinées à 4 machines à pistons rotatifs à battement contrôlé venant se loger dans les 4 cavités astroïdales du carter(CPR).

En ce qui concerne la conversion du mouvement et la collecte de puissance, les figures 6B,6C,6D,6E,6F,6H,6I montrent des variantes de la figure 6A avec 4 cames surmultilobées d'un facteur respectif 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8, où l'on peut voir que les lobes ne se gênent pas mutuellement à condition que 2 cames consécutives tournent en sens inverse, ce qui permet optionnellement de les synchroniser et de collecter leur puissance par 4 roues dentées de même diamètre formant un carré, comme le suggèrent les figures 6J et 6K (possibilités d'engrènement d'arbres rotatifs solidaires des cames).

La figure 6L représente une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à glissières » équipée d'un mécanisme de conversion de mouvement(MCM) à *une seule came centrale* monolobée. Cette configuration n'est pas optimale car elle ne récupère que le mouvement du galet(GALB) de la tête de piston(TPB). Les figures 6M,6N,6O,6P,6Q,6R,6S,6T,6U,6V et 6W montrent des variantes de la figure 6L avec une seule came centrale rotative surmultilobée d'un facteur respectif 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16 et 18. Les facteurs impairs sont à éviter car un seul galet y est constamment en contact avec la came centrale rotative surmultilobée(CAM). Les facteurs pairs permettent d'être au contact des galets(GALB,GALD).

La série (2,6,10,14,18...) est remarquable car elle permet avec une seule came centrale rotative surmultilobée d'être constamment au contact des 4 galets(GALA,GALB,GALC,GALD) de toutes les têtes de piston(TPA,TPB,TPC,TPD).

5 La figure 7A illustre le squelette cinématique d'une machine(POGDC) conforme à l'invention dans sa version « carter périphérique à rotation ».

Les figures 7B et 7C montrent l'orthogonalité des médianes des petits côtés du piston octogonal à géométrie
10 déformable (POGD) garantie par des galets aligneurs(ALIA,ALIB,ALIC,ALID), les galets de puissance(GALA,GALB,GALC,GALD) et d'éventuelles butées(BUTA,BUTB,BUTC,BUTD) possiblement rectangulaires. Les galets seront de préférence montés sur roulement pour
15 limiter les frottements, la butée permettant de les protéger et/ou de les lubrifier.

La figure 7D présente un chemin entrecroisé pour les galets permettant de réduire le mouvement de rotation des médianes de la figure 7A d'un facteur 2, ce qui nécessite 8
20 lobes de chemins entrecroisés. La figure 7E illustre le rotor à chemin entrecroisé qui en découle avec des galets de diamètre forcément non nul.

Les figures 7F, 7G, 7H et 7I représentent des variantes de la figure 7E avec une réduction de la vitesse
25 de rotation d'un facteur respectif 3, 4, 5 et 6, ce qui nécessite respectivement 12,16,20 et 24 lobes de chemins entrecroisés. Un facteur de réduction jusqu'à 4 ou 5 est envisageable techniquement.

REVENDICATIONS

5 PROVISOIREMENT NON PUBLIEES
 NOT PUBLISHED TEMPORARILY
 VORÜBERGEHEND NICHT VERÖFFENTLICHTE

Because of intellectual property issues

10 Merci de votre compréhension.

Thank you for your understanding

15 Danke für Ihr Verständnis