

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.12.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.06.21 Bulletin 21/25.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : H2P SYSTEMS Société par Actions
Simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : THEVENOD Frédéric et HERMITTE
Eric.

73 Titulaire(s) : H2P SYSTEMS Société par Actions Sim-
plifiée.

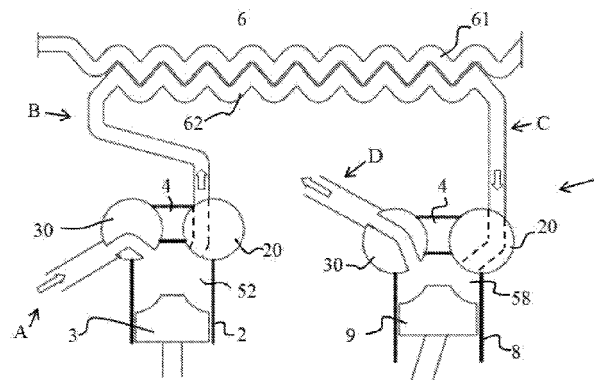
74 Mandataire(s) : IPAZ.

54 Moteur à source chaude externe à cycle divisé à boisseaux.

57 « Moteur à source chaude externe à cycle divisé à
boisseaux »

La présente invention concerne un moteur à source
chaude externe à cycle divisé comprend une paire de cy-
lindres, un cylindre basse température (2) et un cylindre
haute température (8), chacun comprenant un piston mobile
en va et vient et définissant avec chacun d'eux une chambre
de travail basse température (52) et une chambre de travail
haute température (58) pour un gaz de travail. Une distribu-
tion montée dans la culasse (4) fait sélectivement communi-
quer, d'une part la chambre de travail basse température
(52) avec une admission (A) de gaz de travail et une extré-
mité froide (B) d'un échangeur de chaleur (6), et d'autre part
la chambre de travail haute température (58) avec une ex-
trémité chaude (C) de l'échangeur de chaleur (6) et un
échappement (D). La distribution comprend au moins un
boisseau rotatif (20, 30) comportant au moins un passage
interne associé à chaque chambre de travail, de manière
à conduire le gaz de travail entre les chambres de travail (52,
58) et les ressources.

Figure pour l'abrégé: Fig. 1



Description

Titre de l'invention : « Moteur à source chaude externe à cycle divisé à boisseaux »

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un moteur à source chaude externe à cycle divisé comprenant une paire de cylindres, un cylindre basse température et un cylindre haute température, chacun comprenant un piston mobile en va et vient et définissant respectivement avec chacun d'eux une chambre de travail basse température et une chambre de travail haute température pour un gaz de travail. Une distribution montée dans la culasse fait sélectivement communiquer, d'une part la chambre de travail basse température avec une admission de gaz de travail et une extrémité froide d'un échangeur de chaleur, et d'autre part la chambre de travail haute température avec une extrémité chaude de l'échangeur de chaleur et un échappement. La distribution comprend au moins un boisseau rotatif comportant au moins un passage interne associé à chaque chambre de travail, de manière à conduire le gaz de travail entre les chambres de travail et les ressources.

Etat de la technique antérieure

[0002] Les moteurs à source chaude externe, par exemple du type Ericsson, connaissent un regain d'intérêt et de développement, avec comme but de diminuer les émissions de polluants ou de réduire la consommation d'énergie en revalorisant les rejets de chaleur. Ce type de moteur fonctionne entre deux sources de chaleur externes au moteur par l'intermédiaire d'échangeurs. Il utilise des soupapes pour contrôler l'écoulement du fluide de travail (en phase gazeuse) entre deux chambres, une de compression et l'autre de détente.

[0003] Pour les machines volumétriques telles notamment que les moteurs à combustion interne à pistons, on connaît également les distributions utilisant des soupapes actionnées par des cames. Ce type de distribution présente diverses limitations. En particulier, la pression sur la face de la soupape opposée à la chambre de travail doit être faible. En outre la levée maximale de la soupape est faible si la durée (mesurée en degrés d'angle de rotation de la came) d'ouverture de la soupape est faible. En outre, l'entraînement des cames est consommateur d'énergie.

[0004] On connaît aussi des machines volumétriques, telles que des compresseurs, qui utilisent une distribution à clapets. Cette solution nécessite que le différentiel de pression sur chaque clapet ait toujours, à chaque stade du cycle de fonctionnement de la machine, une valeur et un sens appropriés pour que le clapet soit dans l'état – ouvert ou fermé – nécessaire au stade considéré du cycle.

- [0005] Dans certaines machines volumétriques à source chaude externe, telles que celles décrites dans les deux demandes de brevets FR 2 905 728 et FR 2 954 799, de l'air prélevé dans l'atmosphère est admis et comprimé dans une chambre de travail, puis transféré dans une source chaude, et de là re-transféré dans la même chambre de travail en début d'un temps d'expansion de cette chambre, produisant de l'énergie mécanique recueillie par un piston, puis évacué à l'atmosphère. Pour être efficaces, les deux transferts précités du gaz de travail doivent être brefs et s'opérer à travers une section de passage suffisamment grande pour minimiser les pertes de charge. Ces exigences sont difficiles à satisfaire avec une distribution par soupapes commandées par des cames. Par ailleurs, ce type de cycle est difficilement compatible avec une distribution par clapets.
- [0006] On connaît de la demande de brevet FR 3 069 884 un moteur à source chaude externe comprenant des boisseaux. Chaque boisseau est monté en rotation dans la culasse et comporte des passages internes débouchant à travers sa paroi latérale par au moins une embouchure qui communique sélectivement avec la chambre de travail par au moins une lumière pratiquée dans la culasse. Chaque boisseau est réalisé d'une seule pièce. Le boisseau offre une plus grande section de passage pour le gaz de travail et permet de diminuer les pertes de charges.
- [0007] Néanmoins il est désireux de toujours améliorer les deux transferts de gaz indiqués ci-dessus et/ou de proposer des solutions techniques efficaces afin de réaliser les deux transferts de gaz dans le moteur et d'accroître les performances de celui-ci.
- [0008] La présente invention a pour but de proposer un moteur à source chaude externe permettant de remédier au moins en partie aux problèmes cités ci-dessus.

Exposé de l'invention

- [0009] Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un moteur à source chaude externe comprenant :
- [0010] – au moins une paire de cylindres, un cylindre basse température et un cylindre haute température,
- au moins une paire de pistons, un piston basse température mobile en va et vient dans le cylindre basse température et un piston haute température mobile en va et vient dans le cylindre haute température,
- une culasse définissant,
- avec le piston basse température et le cylindre basse température, une chambre de travail basse température pour un gaz de travail, et
 - avec le piston haute température et le cylindre haute température, une chambre de travail haute température pour le gaz de travail,
- une distribution montée dans la culasse et faisant sélectivement communiquer

- la chambre de travail basse température avec les ressources suivantes : une admission de gaz de travail et une extrémité froide d'un échangeur de chaleur, et
- la chambre de travail haute température avec les ressources suivantes : une extrémité chaude de l'échangeur de chaleur et un échappement.

[0011] La distribution comprend au moins un boisseau rotatif monté en rotation dans la culasse. L'au moins un boisseau rotatif comporte au moins un passage interne associé à chaque chambre de travail, chaque passage interne débouchant à travers la paroi latérale de l'au moins un boisseau rotatif par au moins une embouchure, chaque embouchure communiquant sélectivement avec une chambre de travail par au moins une lumière pratiquée dans la culasse. Les passages internes conduisent le gaz de travail entre les chambres de travail et les ressources.

[0012] Le moteur selon l'invention permet, par rapport aux moteurs à source chaude externe de l'art antérieur, en particulier à un seul cylindre, de distribuer des flux de gaz avec moins de pertes thermiques et peu de perte de charges. En particulier par rapport à un moteur à source chaude externe à un seul cylindre mettant en œuvre un cycle thermodynamique à quatre temps, le moteur selon l'invention a pour avantage de faciliter l'écoulement des gaz du fait de l'espacement naturel entre les cylindres. Le moteur proposé offre ainsi un meilleur rendement.

[0013] Le système de distribution à boisseau permet de proposer une grande section de passage du gaz de travail, notamment dès qu'une embouchure commence à coïncider avec une lumière de la culasse. Comme la vitesse de rotation du boisseau est sensiblement constante, la section de passage augmente rapidement, par exemple linéairement, jusqu'à ce que l'embouchure coïncide parfaitement avec la lumière de la culasse. Au contraire, par sa géométrie (sensiblement ovoïde), une came actionne une soupape selon une loi sensiblement sinusoïdale de sorte que la section de passage du gaz de travail augmente très lentement au début du mouvement d'ouverture. En outre, une distribution comprenant au moins un boisseau permet de limiter le frottement par rapport aux distributions à soupapes, et permet de réduire l'acyclisme du vilebrequin.

[0014] La distribution à boisseau permet de réaliser le cycle thermodynamique, du type quatre temps, suivant :

- [0015] – un gaz de travail, sensiblement froid est admis dans la chambre de travail basse température,
- ledit gaz est comprimé dans ladite chambre de travail basse température, puis
- transféré dans l'échangeur dans lequel un fluide calo-cédant (la source chaude) circule, de façon à chauffer le gaz de travail,
- le gaz de travail chauffé est transféré dans la chambre de travail haute tem-

- pérature en début d'un temps d'expansion, puis
- l'expansion se poursuit et se termine alors que la chambre de travail haute température est isolée de l'échangeur, et
 - le gaz de travail est échappé de la chambre de travail haute température.
- [0016] Par exemple, l'au moins un boisseau comprend :
- [0017] – au moins un passage interne destiné à faire circuler le gaz de travail froid et comprimé entre la chambre de travail basse température et l'extrémité froide de l'échangeur, et
- au moins un passage interne, distinct du précédent, destiné à faire circuler le gaz de travail, comprimé et chauffé, entre l'extrémité chaude de l'échangeur et la chambre de travail haute température.
- [0018] Le gaz de travail entrant dans l'échangeur est dit « froid » par comparaison avec sa température plus élevée lorsqu'il sort « chaud » de l'échangeur. Il doit cependant être bien entendu que le gaz de travail « froid » entrant dans l'échangeur est déjà réchauffé par sa compression dans la chambre de travail. De même, l'extrémité « froide » de l'échangeur est tout de même à une température voisine de celle du gaz de travail en fin de compression.
- [0019] Grâce au boisseau, les deux transferts précités du gaz de travail sont brefs et s'opèrent à travers une section de passage suffisamment grande et rectiligne pour minimiser les pertes de charge. Contrairement à la demande de brevet FR 3 069 884, le moteur de la présente invention nécessite deux chambres de travail, une chambre de travail basse température et une chambre de travail haute température, afin de réaliser le cycle thermodynamique à quatre temps.
- [0020] On entend par gaz chaud relativement à gaz froid, un gaz chaud qui présente une température plus importante que celle d'un gaz froid. De manière générale, on entend par les adjectifs "chaud" et "froid", un sens relatif signifiant simplement qu'un élément chaud, par exemple une embouchure chaude ou un orifice chaud, est généralement plus chaud qu'un élément froid, par exemple une embouchure froide ou un orifice froid, lors du fonctionnement du moteur.
- [0021] On entend par boisseau, un élément cylindrique comprenant des passages internes dans lesquels le gaz de travail peut circuler. Un passage interne est par exemple un conduit. L'au moins un boisseau est disposé de sorte que son axe de rotation est perpendiculaire à l'axe des cylindres au-dessus desquels il est agencé. L'au moins un boisseau est situé entre les chambres de travail et un échangeur le long du trajet du gaz de travail. Le mouvement rotatif de l'au moins un boisseau est synchronisé avec le mouvement alternatif des pistons, de façon que le gaz de travail peut traverser l'au moins un boisseau via les passages internes, et ainsi distribuer le gaz entre les chambres de travail et l'échangeur. De préférence, chaque passage interne

communiqué avec au moins deux ouvertures ménagées à travers la paroi latérale du boisseau, chaque ouverture se situant à une des deux extrémités du passage interne. A une première extrémité, chaque passage interne présente une ouverture, dite embouchure, et à une seconde extrémité, chaque passage interne présente une ouverture, dite orifice.

[0022] Ainsi au cours du cycle, le gaz de travail s'écoule entre la chambre de travail basse température et l'entrée froide de l'échangeur en passant à travers au moins une lumière de la culasse, au moins une embouchure et au moins un orifice d'au moins un passage interne du boisseau. Puis le gaz de travail s'écoule entre la sortie chaude de l'échangeur et la chambre de travail haute température en passant à travers au moins un orifice et au moins une embouchure d'au moins un passage interne du boisseau et au moins une lumière de la culasse.

[0023] Pour ce qui précède et pour la suite de la description, on appelle embouchure, une ouverture du boisseau qui coïncide sélectivement avec au moins une lumière pratiquée dans la culasse. De préférence, chaque passage interne comprend au moins une embouchure. On appelle orifice, une ouverture se situant à une autre extrémité du passage interne du boisseau. L'orifice se situe à l'opposé de l'embouchure. Les termes embouchure et orifice correspondent à, ou qualifient, des ouvertures réalisées à travers la paroi latérale du boisseau. Le terme embouchure est utilisé pour qualifier chaque ouverture capable de communiquer avec la lumière de la culasse pour le passage du gaz de travail entre une chambre de travail et un boisseau ou inversement. Une embouchure est toujours réalisée à travers la paroi périphérique du boisseau, dite aussi paroi circonférentielle. Le terme orifice est utilisé pour qualifier chaque ouverture capable de communiquer avec un raccord pour le passage du gaz de travail du boisseau au raccord ou inversement. Un orifice peut être réalisé à travers la paroi périphérique du boisseau, dite aussi paroi circonférentielle, ou à travers la paroi transversale du boisseau. Une embouchure ne peut pas servir d'orifice et inversement. Pour cela, dans le cas où l'orifice est réalisé sur la paroi périphérique du boisseau, l'au moins une embouchure est décalée axialement par rapport à l'au moins un orifice.

[0024] On entend par paroi latérale, en évoquant un boisseau, d'une part une paroi périphérique, dite aussi paroi circonférentielle, qui s'étend le long d'une face cylindrique du boisseau, ou d'autre part une paroi transversale, dite aussi face axiale du boisseau, qui s'étend le long d'une face plane de celui-ci.

[0025] De préférence, le moteur à source chaude est agencé de manière à ce que le volume de la chambre de travail haute température est plus grand que le volume de la chambre de travail basse température. Par exemple, la course du piston haute température peut être augmentée par rapport à celle du piston basse température. Selon un autre exemple, l'alésage du cylindre haute température peut être augmentée par rapport à

celui du cylindre basse température. Cette caractéristique a pour avantage de détendre davantage le gaz de travail dans la chambre de travail haute température pour récupérer davantage de travail moteur. En particulier, le gaz de travail peut être détendu jusqu'à une pression de gaz la plus proche possible de la pression atmosphérique afin de limiter la perte résiduelle à l'échappement. Par exemple, la pression régnant dans la chambre de travail haute température à la fin de la phase de détente est comprise entre 1 bar et 1,5 bar, de préférence entre 1,2 bar et 1,3 bar. Selon cet exemple, la pression nominale régnant dans l'échangeur est alors comprise entre 4 et 5 bars absolu et le fluide calo-cédant peut présenter une température comprise entre 500 et 900°C par exemple.

- [0026] Dans un mode de réalisation, le moteur est agencé de manière à ce que, à l'extrémité opposée aux embouchures, les passages internes débouchent à travers la paroi latérale du boisseau par des orifices qui communiquent sélectivement avec des raccords fixes en fonction de la position angulaire du boisseau. Les orifices du boisseau permettent de faire circuler le gaz de travail depuis les passages internes du boisseau vers les raccords ou depuis des raccords vers les passages internes du boisseau.
- [0027] De préférence, pour chaque passage interne, la géométrie de l'au moins un boisseau est telle que l'orifice est capable de communiquer avec le raccord correspondant lorsque l'embouchure communique avec la chambre de travail. Cette caractéristique permet de faire communiquer la chambre de travail avec les raccords, de façon à faire circuler le gaz de travail.
- [0028] Lesdits raccords comprennent un raccord froid communiquant avec l'extrémité froide de l'échangeur et un raccord chaud communiquant avec l'extrémité chaude de l'échangeur. Lesdits raccords comprennent un raccord d'admission communiquant avec l'admission du gaz de travail et un raccord d'échappement communiquant avec l'échappement du gaz de travail.
- [0029] De préférence, le moteur comprend deux raccords fixes, un raccord dit « haute pression » et un raccord dit « basse pression ». Le raccord haute pression comprend un raccord froid communiquant avec l'extrémité froide de l'échangeur et un raccord chaud communiquant avec l'extrémité chaude de l'échangeur. Le raccord basse pression comprend un raccord d'admission et un raccord d'échappement.
- [0030] Selon des perfectionnements optionnels de l'invention :
- [0031] – l'au moins un passage interne est agencé de manière rectiligne dans l'au moins un boisseau rotatif ; cette caractéristique permet en particulier de limiter les pertes de charges lors de l'écoulement de gaz dans l'au moins un boisseau rotatif,
- l'au moins un passage interne est agencé de manière l'au moins une embouchure et l'au moins un orifice sont diamétralement opposés,

- sur l’au moins un boisseau rotatif, l’au moins une embouchure est décalée axialement par rapport à l’au moins un orifice,
- sur l’au moins un boisseau rotatif, l’au moins une embouchure est alignée circonférentiellement par rapport à l’au moins un orifice,
- l’au moins un passage interne s’étend selon une direction perpendiculaire, ou radiale, à l’axe de rotation de l’au moins un boisseau rotatif,
- la distribution est agencée et configurée de manière que l’au moins un boisseau présente, en fonctionnement, une vitesse de rotation égale à la vitesse de rotation du vilebrequin, en particulier lorsque l’au moins une embouchure est décalée axialement par rapport à l’au moins un orifice,
- la distribution est agencée et configurée de manière que l’au moins un boisseau présente, en fonctionnement, une vitesse de rotation égale à la moitié de la vitesse de rotation du vilebrequin, en particulier lorsque l’au moins une embouchure est alignée circonférentiellement par rapport à l’au moins un orifice,
- l’au moins une embouchure comprend deux embouchures pour un même passage interne, capables de communiquer simultanément avec la chambre de travail, par deux lumières,
- l’au moins un passage interne comprend deux passages internes conduisant en parallèle à une même ressource, capables de communiquer simultanément chacun avec une lumière de la culasse,
- les embouchures et orifices ou ouvertures du boisseau sont uniquement agencées à travers la paroi périphérique ou circonférentielle du boisseau,
- chaque embouchure peut coïncider avec une lumière ; cette caractéristique est particulièrement avantageuse en vue de trouver un compromis entre une grande section de passage pour le flux du gaz de travail, limiter la perte de charge dudit flux et limiter les fuites de gaz de travail entre le boisseau et la culasse. Ce compromis est d’autant plus important pour le boisseau haute pression.

[0032] Par exemple en phase de compression du gaz du travail et lors de son acheminement vers l’extrémité froide de l’échangeur, le gaz passe dans les deux embouchures du boisseau haute pression en traversant les deux lumières de la culasse de sorte que le flux est divisé en deux pour traverser les deux lumières et les deux embouchures, formant deux lignes de flux parallèles via deux passages internes. Après l’embouchure, chaque ligne de flux circule dans un conduit formé par le passage interne pour déboucher par un orifice.

[0033] De préférence, les lumières, les embouchures et les orifices présentent une forme rectangulaire pour limiter les pertes de charges. De manière préférentielle, des passages

internes présentent une section transversale rectangulaire.

- [0034] Selon un mode de réalisation, l'au moins un boisseau rotatif comprend un boisseau basse pression commandant la communication sélective des chambres de travail avec l'admission et l'échappement. L'au moins un boisseau rotatif comprend un boisseau haute pression commandant la communication sélective des chambres de travail avec les extrémités chaude et froide de l'échangeur. Cette caractéristique permet de simplifier la construction du moteur en dissociant les flux dits « haute pression » et les flux dits « basse pression » et de réduire son encombrement. Les boisseaux peuvent présenter des diamètres identiques ou différents, qui sont choisis en fonction de la cylindrée du moteur et/ou de la vitesse de rotation du vilebrequin. Des boisseaux de diamètre identique permettent de simplifier la construction du moteur. Cette réalisation satisfait aussi au souci de prévoir une relativement grande section de passage pour le gaz allant à et revenant de l'échangeur, puisque le gaz étant alors comprimé, le volume qui doit s'écouler est plus petit qu'à l'admission et à l'échappement. Cependant, un boisseau haute pression de diamètre supérieur au diamètre du boisseau basse pression permet d'agrandir encore la section de passage des passages internes, allant à l'échangeur et en revenant.
- [0035] De préférence, la distribution du moteur est agencée et configurée de manière que le boisseau haute pression présente une vitesse de rotation égale à la vitesse de rotation du vilebrequin. Cette caractéristique a pour avantage de réaliser des passages (ouvertures) de gaz de travail de courtes durées avec de grandes sections. De manière préférentielle, la distribution du moteur est agencée et configurée de manière que le boisseau basse pression présente une vitesse de rotation égale à la moitié de la vitesse de rotation du vilebrequin.
- [0036] Selon un mode de réalisation optionnel, l'au moins un boisseau rotatif comprend quatre boisseaux :
- [0037] – un boisseau d'admission commandant la communication sélective entre la ressource admission et la chambre de travail basse température,
- un boisseau d'entrée froide commandant la communication sélective entre la chambre de travail basse température et l'extrémité froide de l'échangeur de chaleur,
- un boisseau de sortie chaude commandant la communication sélective entre l'extrémité chaude de l'échangeur de chaleur et la chambre de travail basse température, et
- un boisseau d'échappement commandant la communication sélective entre la chambre de travail basse température et l'échappement.
- [0038] Cette caractéristique a pour avantage de dissocier à la fois les flux dits « haute pression » et les flux dits « basse pression » d'une part, et les flux dits « haute tem-

pérature » et les flux dits « basse température » d'autre part.

- [0039] Selon une variante de réalisation, l'au moins un boisseau rotatif comprend une rainure périphérique délimitant une partie du boisseau au-dessus du cylindre basse température et une partie du boisseau au-dessus du cylindre haute température, ladite rainure étant agencée pour recevoir un dispositif d'étanchéité pour fermer l'interstice entre la paroi périphérique du boisseau et une surface adjacente de la culasse d'une part et une surface adjacente d'un raccord d'autre part.
- [0040] Selon une autre variante de réalisation, l'au moins un boisseau comprend deux parties coaxiales :
- [0041] – une partie de guidage du gaz de travail, comprenant des passages internes débouchant radialement par au moins une embouchure qui communique sélectivement avec une chambre de travail par au moins une lumière pratiquée dans la culasse, et
- une partie de distribution du gaz de travail, disposée en périphérie de la partie de guidage et mobile par rapport à la partie de guidage, la partie de distribution comprenant au moins une fenêtre qui fait sélectivement communiquer la chambre de travail avec au moins un desdits passages internes de façon que le gaz de travail s'écoule sélectivement entre la chambre de travail et les différentes ressources.
- [0042] Selon un mode de réalisation optionnel, chaque lumière de la culasse peut être entourée d'un dispositif d'étanchéité pour fermer l'interstice entre la paroi périphérique du boisseau et une surface adjacente de la culasse.
- [0043] Selon un deuxième aspect de l'invention, il est proposé un ensemble de motorisation comprenant un moteur à source chaude externe selon l'une ou plusieurs des caractéristiques précédentes et un échangeur de chaleur ayant un trajet calorécepteur s'étendant entre une extrémité froide et une extrémité chaude sélectivement raccordées à la chambre de travail basse température et la chambre de travail haute température vers la fin d'une phase de compression et vers le début d'une phase de détente, respectivement.
- [0044] Selon des perfectionnements du deuxième aspect de l'invention :
- [0045] – l'échangeur de chaleur est du type à contre-courant,
- l'échangeur de chaleur comprend un trajet calo-cédant parcouru par les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne,
- l'échangeur de chaleur comprend un trajet calo-cédant parcouru par un flux gazeux présentant une température comprise entre 300°C et 900°C, de préférence comprise entre 500°C et 900°C (degrés Celsius).

Brève description des dessins

- [0046] D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :
- [0047] [fig.1] la figure 1 est une représentation schématique d'un moteur à source chaude externe à cycle divisé selon un mode de réalisation, dans lequel ledit moteur comprend deux boisseaux illustrés selon un premier mode de réalisation, un boisseau basse pression et un boisseau haute pression surmontant chacun deux cylindres, le moteur comprenant deux cylindres : un cylindre basse température, à gauche de la figure, et un cylindre haute température à droite de la figure, la position des pistons étant représentée de manière aléatoire, le moteur étant couplé avec un échangeur de chaleur, l'ensemble moteur et échangeur étant vu en coupe ;
- [0048] [fig.2] la figure 2 est une vue en perspective et en coupe partielle longitudinale d'un moteur à source chaude externe à cycle divisé selon un mode de réalisation, le plan de coupe passant par les axes des deux pistons mais sans passer par la culasse, le moteur comprenant deux cylindres : un cylindre basse température, à droite de la figure, et un cylindre haute température à gauche de la figure ;
- [0049] [fig.3] la figure 3 est une vue en perspective éclatée d'une partie haute pression d'un moteur selon un mode de réalisation, la figure 3 montrant en perspective un boisseau haute pression selon un mode de réalisation, le boisseau haute pression étant placé entre la culasse et un raccord prévu pour recouvrir le boisseau haute pression, et comprenant une partie basse température et une partie haute température ;
- [0050] [fig.4] la figure 4 est une vue en perspective éclatée d'une partie haute pression d'un moteur conforme à la figure 3, la figure 4 montrant en perspective un boisseau basse pression selon un mode de réalisation, le boisseau basse pression étant placé entre la culasse et un raccord prévu pour recouvrir le boisseau basse pression, et comprenant une partie basse température et une partie haute température ;
- [0051] [fig.5] la figure 5 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 2 à 4, le plan de coupe passant par l'axe du cylindre basse température, ledit moteur comprenant un boisseau basse pression et un boisseau haute pression, la figure 5 illustrant, à un instant T1 dans la chambre de travail basse température, une phase d'admission du gaz de travail via le boisseau basse pression dans la chambre de travail basse température, et montrant la position des différentes pièces mobiles dont la position angulaire des boisseaux ;
- [0052] [fig.6] la figure 6 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 2 à 4, le plan de coupe passant par l'axe du cylindre haute température, ledit moteur comprenant un boisseau basse pression et un boisseau haute pression, la figure 6 illustrant, au même instant T1 dans la chambre de travail haute température, une phase de détente ou d'expansion du gaz de travail provenant de l'extrémité chaude de

échangeur via le boisseau haute pression et se dirigeant dans la chambre de travail haute température, et montrant la position des différentes pièces mobiles dont la position angulaire des boisseaux ;

[0053] [fig.7] la Figure 7 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme à la figure 5, la figure 7 illustrant, à un instant T2 dans la chambre de travail basse température, une phase de début de compression du gaz de travail présent dans la chambre de travail basse température, le piston basse température étant positionné au point mort bas ;

[0054] [fig.8] la figure 8 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme à la figure 6, la figure 8 illustrant, au même instant T2 dans la chambre de travail haute température, une phase de fin de détente et de début d'échappement du gaz de travail détendu dans la chambre de travail haute température, le piston haute température étant positionné au point mort bas ;

[0055] [fig.9] la figure 9 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 5 et 7, la figure 7 illustrant, à un instant T3 dans la chambre de travail basse température, une phase de transfert du gaz de travail comprimé depuis la chambre de travail basse température vers l'extrémité froide de l'échangeur ;

[0056] [fig.10] la figure 10 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 6 et 8, la figure 10 illustrant, au même instant T3 dans la chambre de travail haute température, une phase d'échappement du gaz de travail détendu dans la chambre de travail haute température ;

[0057] [fig.11] la figure 11 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 5, 7 et 9, la figure 11 illustrant, à un instant T4 dans la chambre de travail basse température, une phase de début d'admission du gaz de travail via le boisseau basse pression dans la chambre de travail basse température, le piston basse température étant positionné au point mort haut ;

[0058] [fig.12] la figure 12 est une vue en coupe transversale d'un moteur conforme aux figures 6, 8 et 10, la figure 12 illustrant, au même instant T4 dans la chambre de travail haute température, une phase de début de transfert du gaz de travail échauffé provenant de l'extrémité chaude de l'échangeur via le boisseau haute pression dans la chambre de travail haute température pour être détendu, le piston haute température étant positionné au point mort haut ;

[0059] [fig.13] la figure 13 est une vue en perspective éclatée d'un boisseau selon un deuxième mode de réalisation, le boisseau comprenant deux parties coaxiales, une partie de distribution et une partie de guidage, la partie de guidage comprenant deux embouchures, la partie de distribution comprenant deux fenêtres, la partie de distribution étant prévue pour recouvrir la partie de guidage du boisseau.

Description des modes de réalisation

- [0060] Ces modes de réalisation n'étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, et/ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.
- [0061] La figure 1 illustre schématiquement un ensemble comprenant un moteur à source chaude externe à cycle divisé 1 et un échangeur de chaleur 6. Selon un mode de réalisation comprenant les caractéristiques essentielles du moteur et en référence aux figures 1 et 2, le moteur comprend :
- [0062] – un bloc-moteur dans lequel est formée deux cavités cylindriques appelées cylindre : un cylindre basse température 2 et un cylindre haute température 8 (représentés par la figure 1 de manière distincte pour la compréhension de l'invention), formant une paire de cylindres permettant de réaliser un cycle thermodynamique divisé dans ladite paire de cylindres ; les cylindres 2 et 8 étant disposés de manière longitudinale dans un seul bloc moteur, voir figure 2,
 - une paire de pistons mobiles : un piston basse température 3 mobile en va et vient dans le cylindre basse température 2, et un piston haute température 9 mobile en va et vient dans le cylindre haute température 8,
 - une culasse 4 coiffant le bloc-moteur au-dessus des cylindres basse température 2 et haute température 8, de manière que la culasse 4 définit d'une part avec le piston basse température 3 et le cylindre basse température 2 une chambre de travail basse température 52 pour un gaz de travail, typiquement de l'air, et d'autre part avec le piston haute température 9 et le cylindre haute température 8 une chambre de travail haute température 58 pour le gaz de travail,
 - [0063] – une distribution montée dans la culasse 4, agencée et configurée pour faire communiquer sélectivement, en référence à la figure 1 :
 - la chambre de travail basse température 52 avec les ressources suivantes : une admission A de gaz de travail puis une extrémité froide B de l'échangeur de chaleur 6,
 - la chambre de travail haute température 58 avec les ressources suivantes : une extrémité chaude C de l'échangeur de chaleur 6, puis

un échappement D.

- [0064] Le moteur est raccordé à un échangeur de chaleur 6 pour un échange de chaleur entre le gaz de travail, dit fluide calo-récepteur, et un fluide calo-cédant. L'échangeur de chaleur 6 est du type à contre-courant. En référence à la figure 1, il comprend un trajet calo-cédant 61, représenté par un conduit en zigzag, parcouru par le fluide calo-cédant de la droite vers la gauche. Il comprend en outre un trajet calo-récepteur 62, également représenté par un conduit en zigzag, sous le trajet calo-cédant 61, de façon que le gaz de travail parcourt le trajet calo-récepteur de la gauche vers la droite. Le trajet calo-cédant est distinct du trajet calo-récepteur. Le fluide calo-cédant est par exemple les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne.
- [0065] L'échangeur de chaleur 6 est relié au moteur par l'intermédiaire de raccords et de tuyaux de façon à pouvoir faire circuler le gaz de travail depuis le moteur vers l'échangeur et inversement. De même, un ou des raccords ou tuyaux sont reliés au moteur pour réaliser l'admission et l'échappement.
- [0066] Selon un mode de réalisation représenté par les figures 1, 3 et 4, la distribution comprend deux boisseaux rotatifs 20, 30. Ils sont montés en rotation dans la culasse 4, au-dessus des chambres de travail 52 et 58. Les axes de rotation des deux boisseaux sont parallèles l'un à l'autre, et orthogonaux à l'axe des cylindres 2 et 8. Les boisseaux comprennent un boisseau dit « basse pression » 30 agencé et configuré pour commander la communication sélective de la chambre de travail basse température 52 avec l'admission A et commander la communication sélective de la chambre de travail haute température 58 avec l'échappement D. Les boisseaux comprennent un boisseau dit « haute pression » 20 agencé et configuré pour commander la communication sélective de la chambre de travail basse température 52 avec l'extrémité froide B de l'échangeur de chaleur 6 et commander la communication sélective de la chambre de travail haute température 58 avec l'extrémité chaude C de l'échangeur de chaleur 6. De préférence, le boisseau haute pression 20 est utilisé uniquement pour commander la circulation du gaz de travail entre les chambres de travail et l'échangeur de chaleur. De même, le boisseau basse pression est utilisé uniquement pour commander l'admission et l'échappement. Cette caractéristique permet de simplifier la construction du moteur en dissociant les flux dits « haute pression » et les flux dits « basse pression » et de réduire son encombrement. Les boisseaux présentent des diamètres identiques permettant de simplifier la construction du moteur.
- [0067] Chaque boisseau 20, 30 comprend des passages internes pour conduire le gaz de travail entre la chambre de travail 5 et les ressources. En référence aux figures 3 et 4, chaque passage interne présente deux extrémités qui débouchent à travers la paroi périphérique du boisseau chacune par au moins une ouverture. La distribution est agencée et configurée de façon que les mouvements rotatifs des boisseaux sont synchronisés

avec le mouvement alternatif du piston, de façon que le gaz de travail peut traverser les boisseaux via les passages internes. Les ouvertures sont agencées et configurées pour coïncider sélectivement avec au moins une lumière pratiquée dans la culasse et au moins une lumière pratiquée dans un raccord fixe 60, 70. On appelle embouchure l'ouverture en regard de la lumière de la culasse lors du passage du gaz de travail entre une chambre de travail et un boisseau ou inversement. On appelle orifice l'ouverture en regard d'un raccord lors du passage du gaz de travail entre un boisseau et un raccord ou inversement.

[0068] Selon un mode de réalisation d'un moteur,

[0069] le boisseau basse pression comprend :

- [0070] – pour l'admission A d'un gaz de travail dans la chambre de travail basse température, deux passages internes comprenant deux embouchures d'admission 32 et deux orifices d'admission 34, lesdits passages étant agencés de manière rectiligne et selon une direction perpendiculaire à l'axe dudit boisseau,
- pour l'échappement D du gaz de travail depuis la chambre de travail haute température, deux passages internes comprenant deux embouchures d'échappement 31 et deux orifices d'échappement 33, lesdits passages étant agencés de manière rectiligne et selon une direction perpendiculaire à l'axe dudit boisseau, et

[0071] le boisseau haute pression comprend :

- [0072] – pour le transfert du gaz de travail depuis la chambre de travail basse température vers l'extrémité froide B de l'échangeur 6, deux passages internes comprenant deux embouchures froides 21 et deux orifices froids 23, lesdits passages étant agencés de manière rectiligne et selon une direction diagonale à l'axe dudit boisseau, ladite direction formant un angle non-nul par rapport à l'axe dudit boisseau ou un angle non-nul par rapport à la direction radiale dudit boisseau, de manière que les orifices sont décalés axialement par rapport aux embouchures le long de la paroi dudit boisseau, et
- pour le transfert du gaz de travail depuis l'extrémité chaude C de l'échangeur 6 vers la chambre de travail haute température, deux passages internes comprenant deux embouchures chaudes 22 et deux orifices chauds.

[0073] En référence aux figures 3 et 4, il est représenté un haut moteur comprenant une culasse 4 agencé et configuré pour être installé sur une chemise d'un moteur à source chaude externe comprenant deux cylindres disposés selon un montage dit « en ligne », conforme à la figure 2. En référence à la figure 3, le haut moteur comprend le boisseau haute pression 20 qui est prévu pour être recouvert par un raccord fixe dit « haute pression » 60. En référence à la figure 4, le haut moteur comprend le boisseau basse pression 30 qui est prévu pour être recouvert par un raccord fixe dit « basse pression »

70. La culasse 4 présente une surface de réception 40hp afin de recevoir le boisseau haute pression, et une surface de réception 40bp afin de recevoir le boisseau basse pression. Chaque surface de réception 40hp, 40bp présente une forme concave, de façon à coopérer par complémentarité de forme avec chacun des boisseaux. En particulier la surface de réception présente une section en forme d'arc de cercle sensiblement coaxial avec l'axe du boisseau reçu. L'agencement de la culasse 4 est sensiblement symétrique en ce qui concerne la forme des surfaces de réception 40hp, 40bp. Le boisseau haute pression comme le boisseau basse pression présente, selon une section transversale, une forme extérieure circulaire. En outre les deux boisseaux présentent un diamètre sensiblement identique. La surface de réception 40hp comprend quatre lumières haute pression : deux couples de lumières 41H0, 41H3 adjacentes, chaque couple étant prévue pour coopérer avec un cylindre. Les lumières 41H0 coopèrent avec le cylindre basse température, et les lumières 41H3 coopèrent avec le cylindre haute température. La surface de réception 40bp comprend quatre lumières basse pression : deux couples de lumières 41adm, 41ech adjacentes, chaque couple étant prévue pour coopérer avec un cylindre. Les lumières 41adm coopèrent avec le cylindre basse température, et les lumières 41ech coopèrent avec le cylindre haute température. De préférence, les lumières présentent une forme rectangulaire pour limiter les pertes de charges lors de la circulation du flux de gaz de travail.

[0074] En référence à la figure 3, les deux embouchures froides 21 sont destinées à coïncider avec les deux lumières 41H0 de la culasse de façon que le gaz de travail puisse circuler depuis la chambre de travail basse température vers le boisseau haute pression 20. Les embouchures froides 21 sont agencées de manière adjacente et sont alignées axialement sur la périphérie du boisseau haute pression le long d'une direction parallèle à l'axe de rotation dudit boisseau. Les embouchures froides, de dimensions identiques, présentent une forme sensiblement rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau. A l'autre extrémité des passages internes, se situent les orifices froids 23 agencés sur la périphérie du boisseau haute pression. Les deux embouchures froides 21 d'une part, et les orifices froids 23 d'autre part, définissent respectivement les deux extrémités du passage interne utilisé pour faire circuler le gaz de travail vers l'extrémité froide de l'échangeur. Les orifices froids 23 sont destinés à coïncider respectivement avec des lumières 63 du raccord haute pression 60. Les orifices froids 23 présentent une forme rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est orthogonale, ou circonférentielle, à l'axe de rotation du boisseau.

[0075] En outre, les deux embouchures chaudes 22 sont destinées à coïncider avec les deux lumières 41H3 de la culasse de façon que le gaz de travail puisse circuler depuis le boisseau haute pression 20 vers la chambre de travail haute température. Les em-

bouchures chaudes 22 sont agencées de manière adjacente et sont alignées axialement sur la périphérie du boisseau haute pression le long d'une direction parallèle à l'axe de rotation dudit boisseau. Les embouchures chaudes, de dimensions identiques, présentent une forme sensiblement rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau. A l'autre extrémité des passages internes, se situent les orifices chauds (non visibles sur les figures) agencés sur la périphérie du boisseau haute pression. Les deux embouchures chaudes 22 d'une part, et les deux orifices chauds d'autre part, définissent respectivement les deux extrémités des passages internes utilisés pour faire circuler le gaz de travail depuis l'extrémité chaude de l'échangeur de chaleur vers la chambre de travail haute température. Les orifices chauds sont destinés à coïncider respectivement avec des lumières 65 du raccord haute pression 60. Les orifices chauds présentent une forme rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est orthogonale, ou circonférentielle, à l'axe de rotation du boisseau.

- [0076] Le raccord haute pression 60 présente une surface de recouvrement 69 agencée et configurée pour coopérer par complémentarité de forme avec le surface périphérique du boisseau haute pression. La surface de recouvrement 69 présente, selon une coupe transversale, une forme sensiblement en arc de cercle.
- [0077] Par exemple, chaque embouchure chaude présente, le long de la circonférence du boisseau, une ouverture angulaire comprise entre 20 et 50 degrés, de préférence entre 25 et 35 degrés. Etant donné que le moteur réalise quatre phases principales et que les passages internes sont séparés par des parois d'épaisseur non-nulle, ces valeurs sont choisies selon un compromis entre le besoin d'une grande section de passage du flux de gaz de travail, la réduction des pertes de charges et l'encombrement (diamètre et longueur du boisseau). Chaque embouchure froide présente, le long de la circonférence du boisseau, une ouverture angulaire comprise, par exemple, entre 10 et 40 degrés, de préférence entre 20 et 30 degrés.
- [0078] En outre chaque lumière 41hp présente, le long de la circonférence de la surface de réception 40, une ouverture angulaire comprise, par exemple, entre 15 et 30 degrés.
- [0079] De préférence, les orifices présentent, le long de la circonférence du boisseau, une ouverture angulaire comprise entre 100 et 350 degrés, de préférence entre 120 et 150 degrés.
- [0080] En référence à la figure 4, les deux embouchures d'admission 32 sont destinées à coïncider avec les deux lumières 41adm de la culasse de façon que le gaz de travail puisse circuler depuis le boisseau basse pression 30 vers la chambre de travail basse température. Les embouchures d'admission 32 sont agencées de manière adjacente et sont alignées axialement sur la périphérie du boisseau basse pression, le long d'une direction parallèle à l'axe de rotation du boisseau. Les embouchures d'admission 32,

de dimensions identiques, présentent une forme sensiblement rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau. A l'autre extrémité des passages internes, se situent les deux orifices d'admission 34 agencés à la périphérie du boisseau basse pression. Les deux embouchures d'admission 32 d'une part, et les deux orifices d'admission 34 d'autre part, définissent respectivement les deux extrémités des deux passages internes utilisés pour faire circuler le gaz de travail depuis une ressource d'admission, de préférence le milieu extérieur, vers la chambre de travail basse température. Les orifices d'admission 34 sont destinés à coïncider respectivement avec des lumières 73 du raccord basse pression 70. Les orifices d'admission 34 présentent une forme rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau.

[0081] En outre, les deux embouchures d'échappement 31 sont destinées à coïncider avec les deux lumières 41 de la culasse 4 de façon que le gaz de travail puisse circuler depuis la chambre de travail haute température vers le boisseau basse pression 30. Les deux embouchures d'échappement 31 sont agencées de manière adjacente et sont alignées axialement sur la périphérie du boisseau basse pression, le long d'une direction parallèle à l'axe de rotation du boisseau. Les embouchures d'échappement, de dimensions identiques, présentent une forme sensiblement rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau. A l'autre extrémité des passages internes, se situent les orifices d'échappement 33 agencés sur la périphérie du boisseau basse pression. Les deux embouchures d'échappement 31 d'une part, et les deux orifices d'échappement 33 d'autre part, définissent respectivement les deux extrémités des deux passages internes utilisés pour faire circuler le gaz de travail depuis la chambre de travail haute température vers une ressource d'échappement, de préférence le milieu extérieur. Les orifices d'échappement 33 sont destinés à coïncider respectivement avec des lumières 75 du raccord basse pression 70. Les orifices d'échappement 33 présentent une forme rectangulaire dont la dimension longitudinale s'étend dans une direction qui est parallèle à l'axe de rotation du boisseau.

[0082] Le raccord basse pression 70 présente une surface de recouvrement 79 agencée et configurée pour coopérer par complémentarité de forme avec la surface périphérique du boisseau basse pression. La surface de recouvrement 79 présente, selon une coupe transversale, une forme sensiblement en arc de cercle.

[0083] Grâce aux boisseaux, les transferts du gaz de travail sont brefs et s'opèrent à travers une section de passage suffisamment grande pour minimiser les pertes de charge.

[0084] Selon un mode de réalisation, le boisseau haute pression comprend une rainure 25 agencée sur la surface périphérique dudit boisseau, entre la partie basse température et

la partie haute température, voir figure 3. De même, le boisseau basse pression comprend une rainure 35 agencée sur la surface périphérique dudit boisseau, entre la partie basse température et la partie haute température, voir figure 4. La rainure 25, 35 permet de recevoir un dispositif d'étanchéité afin de fermer l'interstice entre la paroi périphérique du boisseau et une surface de réception d'une part, et une surface de recouvrement d'un raccord d'autre part.

[0085] En référence à la figure 13, il est prévu un autre mode de réalisation des boisseaux haute pression et basse pression. Il est prévu un boisseau 10 réalisé en deux parties coaxiales comprenant une partie dit « de guidage » 11 et une partie dit « de distribution » 16. La partie de guidage 11 présente une forme générale cylindrique et est fixe relativement à la culasse du moteur. La partie de guidage est réalisée de manière similaire aux boisseaux décrits précédemment. La partie de guidage représentée en figure 13 est agencée pour coopérer avec une seule chambre de travail. En référence à la figure 13, la partie de guidage présente deux embouchures 21. La partie de distribution 16 présente une forme générale tubulaire qui entoure la partie de guidage 11 et qui est rotative relativement à la partie de guidage. La partie de distribution 16 du boisseau est montée rotative dans la culasse du moteur. Seule la partie de distribution est rotative en ce qui concerne le boisseau. La partie de distribution comprend au moins une fenêtre qui fait sélectivement communiquer la chambre de travail avec au moins un desdits passages internes de façon que le gaz de travail s'écoule sélectivement entre la chambre de travail et les différentes ressources et inversement. En référence à la figure 13, la partie de distribution comprend deux fenêtres dites fenêtres d'embouchure, pour le transfert du gaz de travail depuis la chambre de travail vers l'extrémité froide de l'échangeur. Le mouvement rotatif de la partie de distribution relativement à la partie de guidage du boisseau est synchronisé avec le mouvement alternatif du piston, de façon que le gaz de travail peut traverser le boisseau via les passages internes, et ainsi distribuer le gaz de travail entre la chambre de travail et l'échangeur. Chaque fenêtre coïncide sélectivement avec au moins une lumière de la culasse et au moins une embouchure. De même en ce qui concerne les orifices, non visibles sur la figure 13, au moins une fenêtre, dite fenêtre d'orifice, peut coïncider avec au moins un orifice et au moins une lumière d'un raccord.

[0086] Le boisseau en deux parties coaxiales a pour avantages de limiter simultanément les pertes thermiques et les pertes de charges, permettant ainsi d'améliorer le rendement et/ou les performances d'un moteur à source chaude externe à cycle divisé.

[0087] En référence aux figures 5 à 12, on va maintenant décrire des phases de fonctionnement d'un moteur à source chaude externe à cycle divisé 1, le comprenant des boisseaux haute pression 20 et basse pression 30 conformes aux figures 3 et 4.

[0088] En particulier, il est montré la position des boisseaux et des pistons au cours

d'environ un tour de vilebrequin lors de quatre instants, afin d'illustrer les quatre temps du cycle thermodynamique. Les figures 5 et 6 représentent le fonctionnement du moteur lors d'un premier instant T1. Les figures 7 et 9 représentent le fonctionnement du moteur lors d'un deuxième instant T2, qui est consécutif à l'instant T1. Les figures 9 et 10 représentent le fonctionnement du moteur lors d'un troisième instant T3, qui est consécutif à l'instant T2. Les figures 11 et 12 représentent le fonctionnement du moteur lors d'un quatrième instant T4, qui est consécutif à l'instant T3. Les figures 5, 7, 9 et 11 montrent le fonctionnement du moteur du côté du cylindre basse température, et les figures 6, 8, 10 et 12 montrent le fonctionnement du moteur du côté du cylindre haute température. Pour simplifier la suite de la description, il sera décrit pour chaque figure une embouchure, un orifice et une lumière. Selon la représentation des figures 5 à 12, les boisseaux haute pression 20 et basse pression 30 pivotent angulairement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

[0089] En référence à la figure 7, il est illustré, à un instant T1, une phase d'admission d'un gaz de travail dans la chambre de travail basse température 52. La synchronisation du piston 3 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement du piston 3 est descendant pendant que la rotation du boisseau basse pression 30 permet à une embouchure d'admission 32 du boisseau basse pression 30 de communiquer avec une lumière 41adm de la culasse 4 et simultanément permet à un orifice d'admission 34 de communiquer avec une lumière (non visible) d'un raccord basse pression 70. Le gaz de travail traverse le passage interne entre l'orifice d'admission 34 et l'embouchure d'admission 32 de façon à être admis dans la chambre de travail basse température 52, voir flèche fA. Simultanément, aucune embouchure froide 21 du boisseau haute pression ne communique avec une lumière de la culasse. Le gaz de travail est de préférence de l'air prélevé du milieu extérieur.

[0090] Parallèlement au même instant T1 en référence à la figure 6, du gaz de travail échauffé par l'échangeur de chaleur et sortant du boisseau haute pression 20 se détend dans la chambre de travail haute température 58. La synchronisation du piston 9 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement du piston 9 est descendant pendant que la rotation du boisseau haute pression 20 permet à l'embouchure chaude 22 du boisseau haute pression de communiquer avec une lumière 41H3 de la culasse 4, et simultanément permet à un orifice chaud de communiquer avec une lumière (non visible) d'un raccord haute pression relié à l'extrémité chaude de l'échangeur de chaleur. Le gaz de travail traverse le passage interne entre l'orifice chaud et l'embouchure chaude 22 de façon à être transféré depuis l'échangeur de chaleur vers la chambre de travail haute température pour être détendu. Simultanément, aucune embouchure d'échappement du boisseau basse pression ne communique avec une lumière de la culasse.

- [0091] A l'instant T2 et en référence aux figures 7 et 8, les deux pistons 3 et 9 sont situés respectivement au point mort bas. En référence à la figure 7, le boisseau basse pression 30 a pivoté de façon que l'embouchure d'admission 32 du boisseau basse pression ne communique plus, même partiellement, avec une lumière 41adm de la culasse 4. De même, aucune embouchure froide 21 du boisseau haute pression 20 ne communique avec une lumière de la culasse. Ensuite la synchronisation du piston 3 et des boisseaux 20, 30 est telle que le piston 3 va remonter de sorte que le gaz de travail emprisonné dans la chambre de travail basse température 52 sera comprimé dans celle-ci.
- [0092] Parallèlement au même instant T2 et en référence à la figure 8, l'embouchure chaude 22 du boisseau haute pression ne communique plus, même partiellement, avec une lumière de la culasse. Ensuite le piston 9 va remonter de sorte que le gaz de travail détendu sera évacué de la chambre de travail haute température 58. La synchronisation du piston 9 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement de rotation du boisseau basse pression 30 permet à l'embouchure d'échappement 31 d'être décalée angulairement de quelques degrés par rapport à une lumière 41ech de la culasse 4, et simultanément permet à un orifice d'échappement de commencer à communiquer avec une lumière 75 d'un raccord basse pression 70, de sorte qu'une phase d'échappement va commencer.
- [0093] A l'instant T3 en référence à la figure 9, il est illustré une phase de fin compression du gaz de travail et une phase de transfert du gaz de travail comprimé depuis la chambre de travail basse température 52 vers l'échangeur de chaleur. La synchronisation du piston 3 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement du piston 3 est montant pendant que la rotation du boisseau haute pression 20 permet à une embouchure froide 21 du boisseau haute pression 20 de communiquer avec une lumière 41H0 de la culasse 4. Simultanément la synchronisation permet à un orifice froid (non visible) de communiquer avec une lumière (non visible) d'un raccord de l'extrémité froide de l'échangeur de chaleur. Le gaz de travail traverse le passage interne entre l'embouchure froide 21 et l'orifice froid de façon à être transféré vers l'échangeur de chaleur pour être échauffé. Simultanément, aucune embouchure d'admission du boisseau basse pression ne communique avec une lumière de la culasse. La synchronisation du boisseau haute pression 20 par rapport à la remontée du piston 3 lors d'une compression est réglée de façon à limiter un phénomène défavorable de relativement haute pression dans la chambre de travail.
- [0094] Parallèlement au même instant T3 et en référence à la figure 10, il est illustré une phase d'échappement du gaz de travail. La synchronisation du piston 9 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement du piston 9 est montant pendant que la rotation du boisseau basse pression 30 permet à une embouchure d'échappement 31 du boisseau basse pression de communiquer avec une lumière 41ech de la culasse 4. Si-

multanément la synchronisation permet à un orifice d'échappement 33 de communiquer avec une lumière 75 d'un raccord basse pression 70. Le gaz de travail traverse le passage interne entre l'embouchure d'échappement 31 et l'orifice d'échappement 33 de façon à être expulsé de la chambre de travail haute température 58, voir flèche fD. Simultanément, aucune embouchure chaude 22 du boisseau haute pression ne communique avec une lumière de la culasse. Le gaz de travail est rejeté dans le milieu extérieur.

- [0095] A l'instant T4 et en référence aux figures 11 et 12, les deux pistons basse température 3 et haute température 9 sont situés respectivement au point mort haut. En référence à la figure 11, le boisseau haute pression 20 a pivoté de façon que l'embouchure froide 21 du boisseau haute pression 20 ne communique plus, même partiellement, avec une lumière 41H0 de la culasse 4. Du côté basse pression, la synchronisation du piston 3 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement de rotation du boisseau basse pression 30 permet à l'embouchure d'admission 32, qui était, un tour de vilebrequin auparavant, un orifice d'admission 34, d'être décalée angulairement de quelques degrés par rapport à une lumière 41adm de la culasse 4. Simultanément la synchronisation permet à un orifice d'admission 34 qui était, un tour de vilebrequin auparavant, une embouchure d'admission 32, de commencer à communiquer avec une lumière (non visible) d'un raccord basse pression 70, de sorte qu'une phase d'admission, telle que représentée en figure 7, va commencer.
- [0096] Parallèlement au même instant T4 et en référence à la figure 12, la synchronisation du boisseau 3 et des boisseaux 20, 30 est telle que le mouvement de rotation du boisseau haute pression 20 permet à l'embouchure chaude 22 d'être décalée angulairement de quelques degrés par rapport à une lumière 41H3 de la culasse 4. Simultanément la synchronisation permet à un orifice chaud (non visible) de commencer à communiquer avec une lumière (non visible) d'un raccord haute pression 60, de sorte qu'une phase de transfert de gaz de travail échauffé va commencer depuis l'échangeur de chaleur vers la chambre de travail haute température pour être détendu, telle que représentée en figure 9. Du côté basse pression, le boisseau basse pression 30 a pivoté de façon que l'embouchure d'échappement 31 du boisseau basse pression ne communique plus, même partiellement, avec une lumière 41ech de la culasse 4.
- [0097] Selon le mode de réalisation représenté par les figures 7 à 14, les pistons basse température 2 et haute température 8 sont reliés respectivement via une bielle au même vilebrequin. La disposition des pistons 2 et 8, des bielles et du vilebrequin est agencée de manière à ce que la montée et la descente des pistons s'effectuent de manière synchrone.
- [0098] Selon le mode de réalisation représenté, la vitesse de rotation du boisseau basse pression 30 est égale à la moitié de la vitesse de rotation du vilebrequin. Cette dernière

caractéristique a pour avantage de limiter les frottements. En outre, à chaque tour vilebrequin, une embouchure d'admission 32 devient un orifice d'admission 34 et orifice d'admission 34 devient une embouchure d'admission 32, voir la figure 5 illustrant une phase d'admission et la figure 11 illustrant un instant de pré-admission. De même, une embouchure d'échappement 31 devient un orifice d'échappement 33 et orifice d'échappement 33 devient une embouchure d'échappement 31. La vitesse de rotation du boisseau haute pression 20 est égale à la vitesse de rotation du vilebrequin. Cette dernière caractéristique a pour avantage de proposer de grandes sections d'ouverture pendant un temps très court.

Revendications

[Revendication 1]

Moteur à source chaude externe (1) caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins une paire de cylindres, un cylindre basse température (2) et un cylindre haute température (8),
- au moins une paire de pistons, un piston basse température (3) mobile en va et vient dans le cylindre basse température (2) et un piston haute température (9) mobile en va et vient dans le cylindre haute température (8),
- une culasse (4) définissant,
 - avec le piston basse température (3) et le cylindre basse température (2), une chambre de travail basse température (52) pour un gaz de travail, et
 - avec le piston haute température (9) et le cylindre haute température (8), une chambre de travail haute température (58) pour le gaz de travail,
- une distribution montée dans la culasse (4) et faisant sélectivement communiquer
 - la chambre de travail basse température (52) avec les ressources suivantes : une admission (A) de gaz de travail et une extrémité froide (B) d'un échangeur de chaleur (6), et
 - la chambre de travail haute température (58) avec les ressources suivantes : une extrémité chaude (C) de l'échangeur de chaleur (6) et un échappement (D),

la distribution comprenant au moins un boisseau rotatif (20, 30) monté en rotation dans la culasse (4) et comportant au moins un passage interne associé à chaque chambre de travail, chaque passage interne débouchant à travers la paroi latérale de l'au moins un boisseau (20, 30) par au moins une embouchure (21, 22 ; 31, 32), chaque embouchure communiquant sélectivement avec une chambre de travail (52, 58) par au moins une lumière (41) pratiquée dans la culasse (4), les passages internes conduisant le gaz de travail entre les chambres de travail (52, 58) et les ressources.

[Revendication 2]

Moteur (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le volume de la chambre de travail haute température (58) est plus grand que le

- volume de la chambre de travail basse température (52).
- [Revendication 3] Moteur (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, à l'extrémité opposée aux embouchures (21, 22 ; 31, 32), les passages internes débouchent à travers la paroi latérale du boisseau (20, 30) par des orifices (23, 24 ; 33, 34) qui communiquent sélectivement avec des raccords fixes (60, 70) en fonction de la position angulaire du boisseau.
- [Revendication 4] Moteur (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que, pour chaque passage interne, la géométrie de l'au moins un boisseau (20, 30) est telle que l'orifice (23, 24 ; 33, 34) est capable de communiquer avec le raccord (60, 70) correspondant lorsque l'embouchure (21, 22 ; 31, 32) communique avec la chambre de travail (52, 58).
- [Revendication 5] Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins un passage interne est agencé de manière rectiligne dans l'au moins un boisseau.
- [Revendication 6] Moteur (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'au moins un passage interne s'étend selon une direction perpendiculaire à l'axe de rotation de l'au moins un boisseau.
- [Revendication 7] Moteur (1) selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que, sur l'au moins un boisseau (20, 30), l'au moins une embouchure (21, 22 ; 31, 32) est décalée axialement par rapport à l'au moins un orifice (23, 24 ; 33, 34).
- [Revendication 8] Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'au moins un boisseau comprend un boisseau basse pression (30) commandant la communication sélective des chambres de travail (52, 58) avec l'admission (A) et l'échappement (D).
- [Revendication 9] Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'au moins un boisseau comprend un boisseau haute pression (20) commandant la communication sélective des chambres de travail (52, 58) avec les extrémités chaude (C) et froide (B) de l'échangeur (6).
- [Revendication 10] Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'au moins un boisseau comprend quatre boisseaux :
- un boisseau d'admission commandant la communication sélective entre la ressource admission (A) et la chambre de travail basse température (52),
 - un boisseau d'entrée froide commandant la communication sélective entre la chambre de travail basse température (52) et l'extrémité froide (B) de l'échangeur de chaleur (6),

- un boisseau de sortie chaude commandant la communication sélective entre l'extrémité chaude (C) de l'échangeur de chaleur (6) et la chambre de travail basse température (58), et
- un boisseau d'échappement commandant la communication sélective entre la chambre de travail basse température (58) et l'échappement.

[Revendication 11] Moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'au moins un boisseau (20, 30) comprend une rainure périphérique (25, 35) délimitant une partie du boisseau au-dessus du cylindre basse température (2) et une partie du boisseau au-dessus du cylindre haute température (8), ladite rainure étant agencée pour recevoir un dispositif d'étanchéité pour fermer l'interstice entre la paroi périphérique du boisseau et une surface adjacente de la culasse d'une part et une surface adjacente d'un raccord (60, 70) d'autre part.

[Revendication 12] Moteur selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'au moins un boisseau (20, 30) comprend deux parties coaxiales :

- une partie de guidage (11) du gaz de travail, comprenant des passages internes débouchant radialement par au moins une embouchure (21, 22 ; 31, 32) qui communique sélectivement avec une chambre de travail (52, 58) par au moins une lumière (41) pratiquée dans la culasse (4), et
- une partie de distribution (16) du gaz de travail, disposée en périphérie de la partie de guidage (11) et mobile par rapport à la partie de guidage (11), la partie de distribution comprenant au moins une fenêtre (17) qui fait sélectivement communiquer la chambre de travail (52, 58) avec au moins un desdits passages internes de façon que le gaz de travail s'écoule sélectivement entre la chambre de travail (52, 58) et les différentes ressources (A, B, C, D).

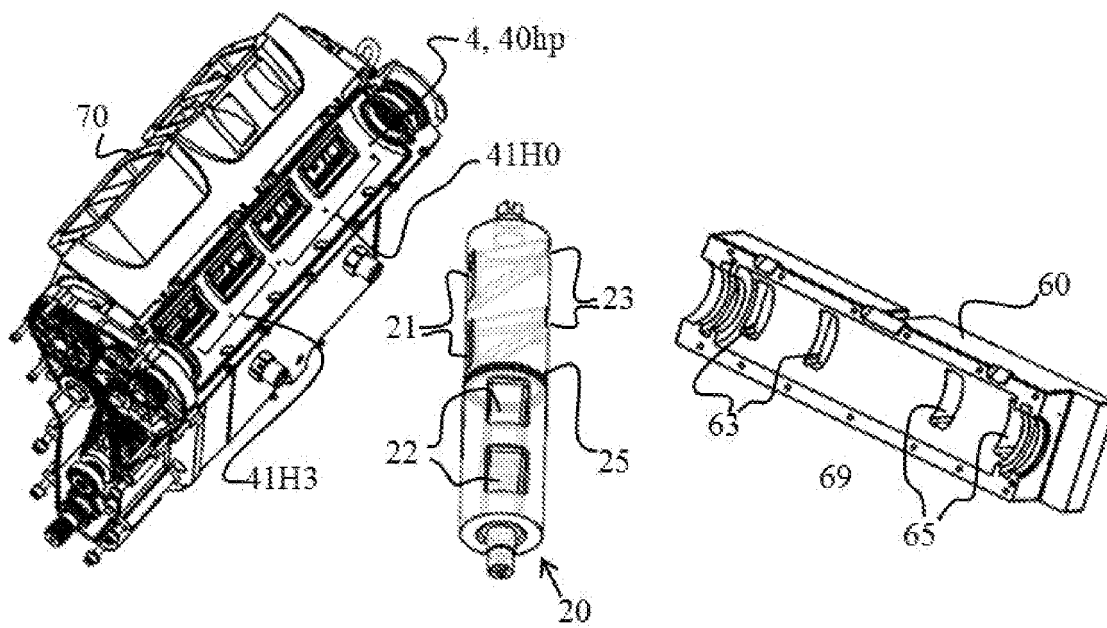
[Revendication 13] Ensemble de motorisation comprenant un moteur (1) selon l'une des revendications 1 à 12 et un échangeur de chaleur (6) ayant un trajet calorécepteur (62) s'étendant entre une extrémité froide (B) et une extrémité chaude (C) sélectivement raccordées à la chambre de travail basse température (52) et la chambre de travail haute température (58) vers la fin

d'une phase de compression et vers le début d'une phase de détente, respectivement.

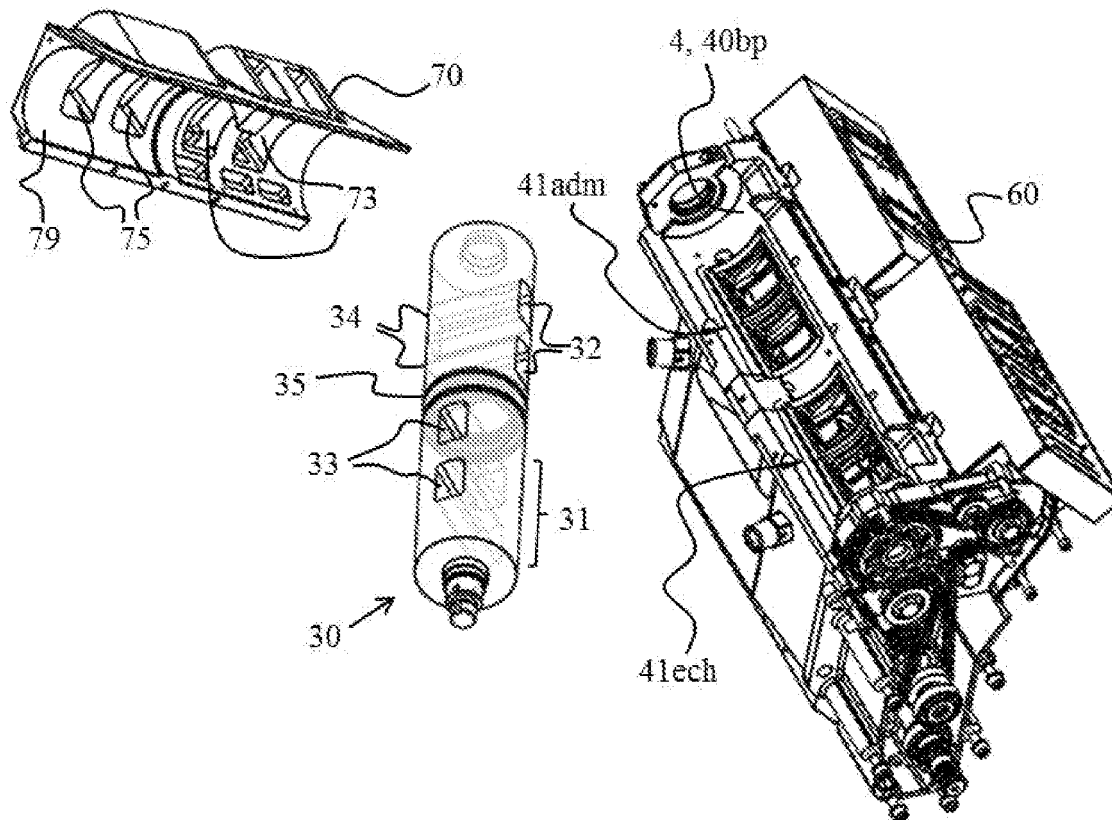
[Revendication 14] Ensemble selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'échangeur de chaleur (6) est du type à contre-courant.

[Revendication 15] Ensemble selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que l'échangeur de chaleur (6) comprend un trajet calo-cédant (61) parcouru par les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne, ou par un flux gazeux présentant une température comprise entre 300°C et 900°C.

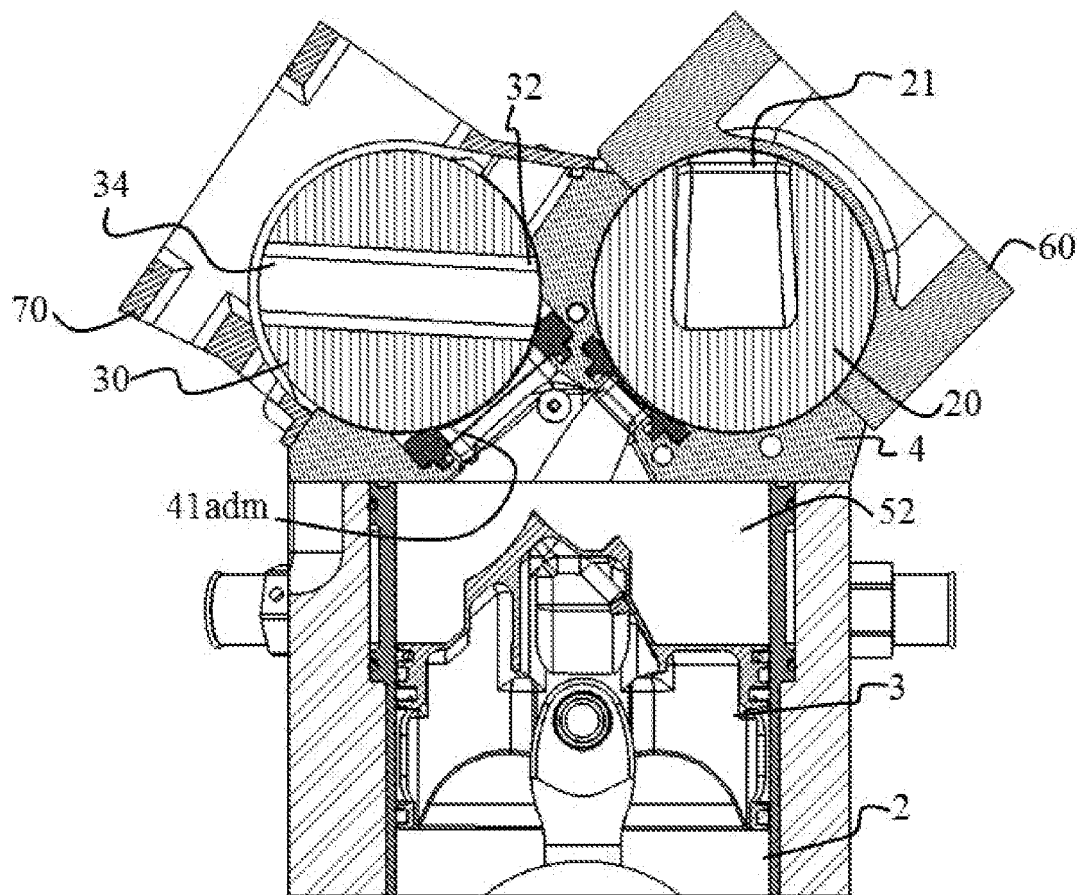
[Fig. 3]



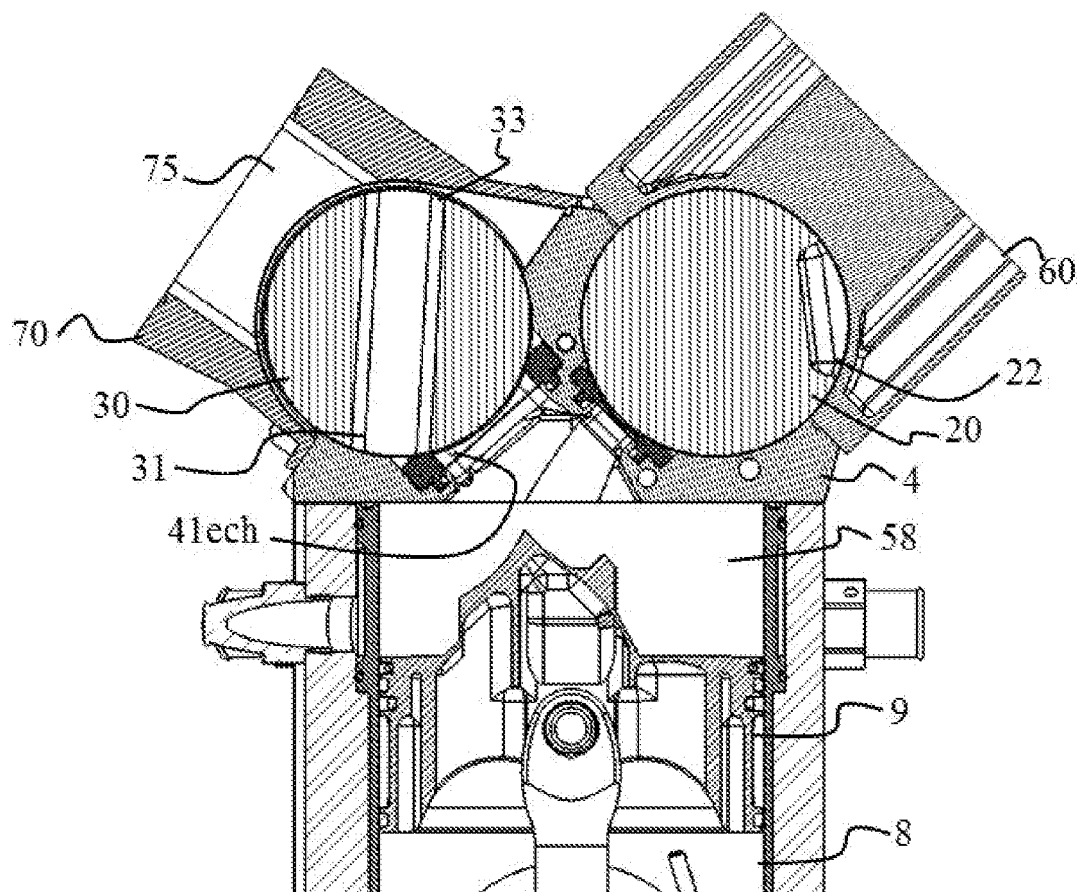
[Fig. 4]



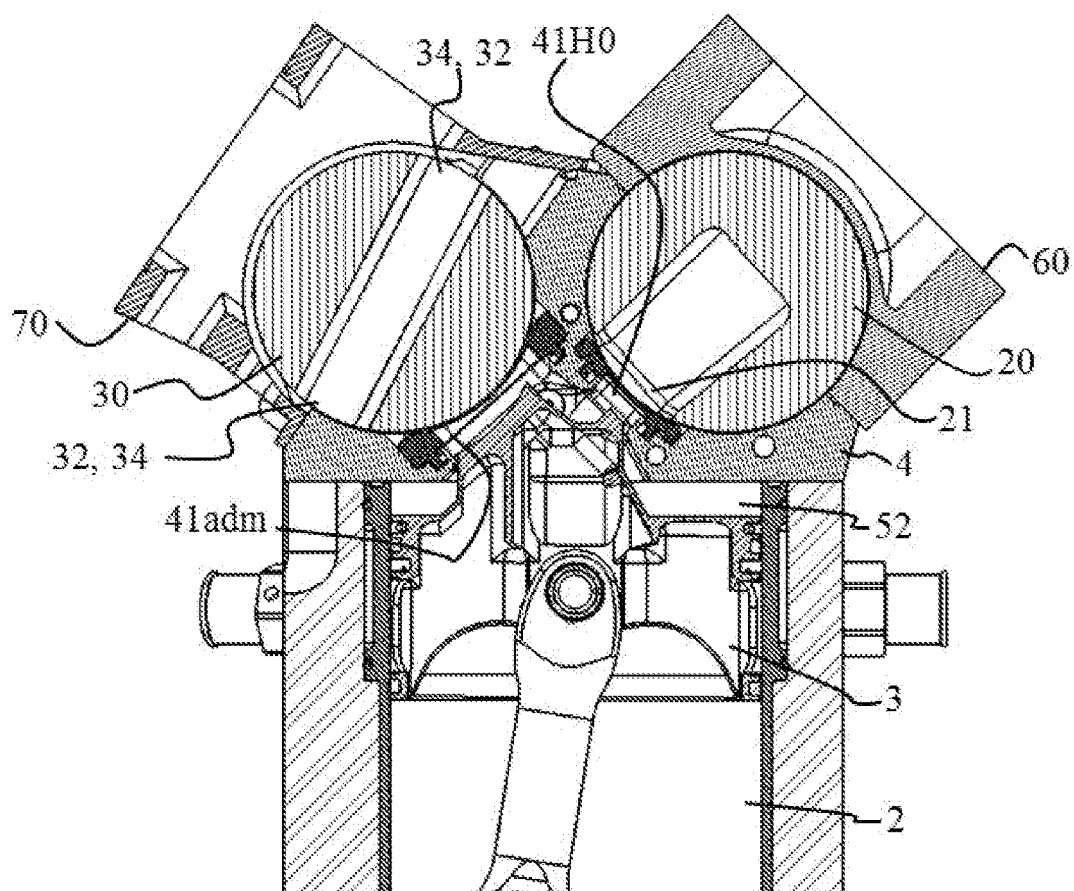
[Fig. 7]



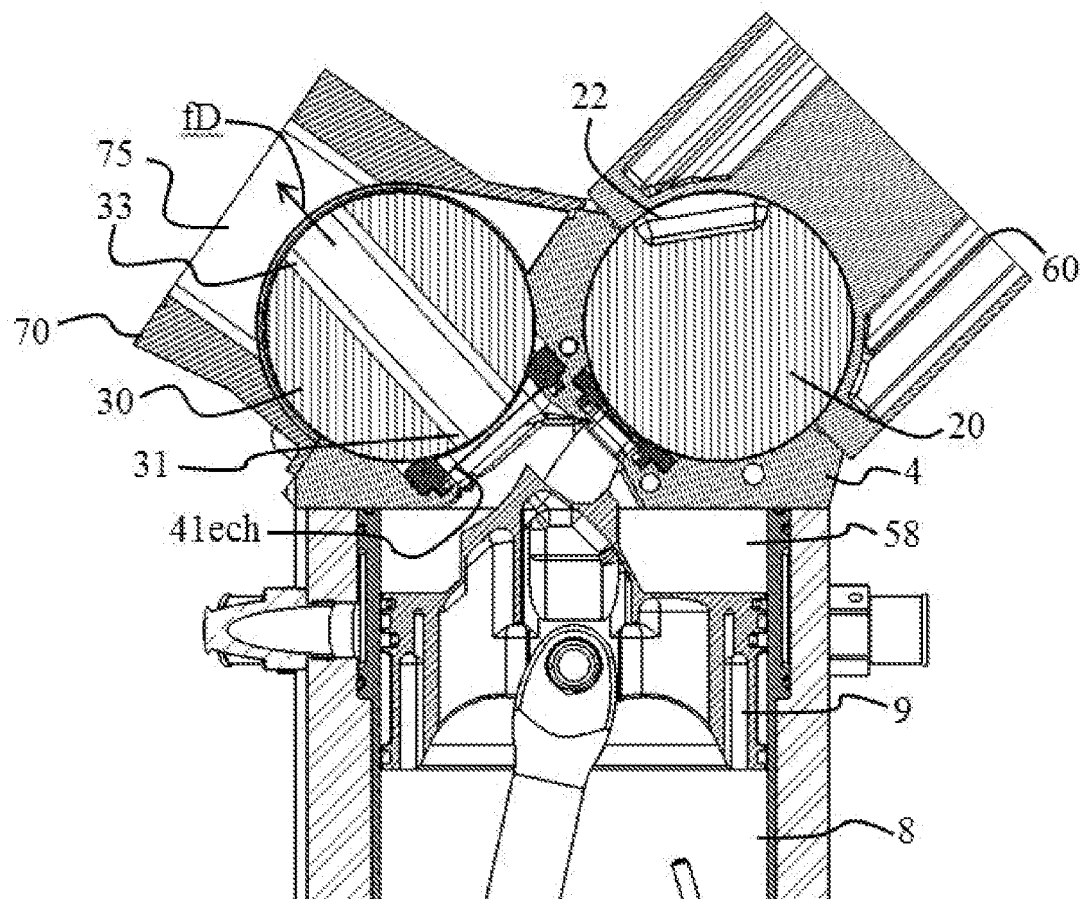
[Fig. 8]



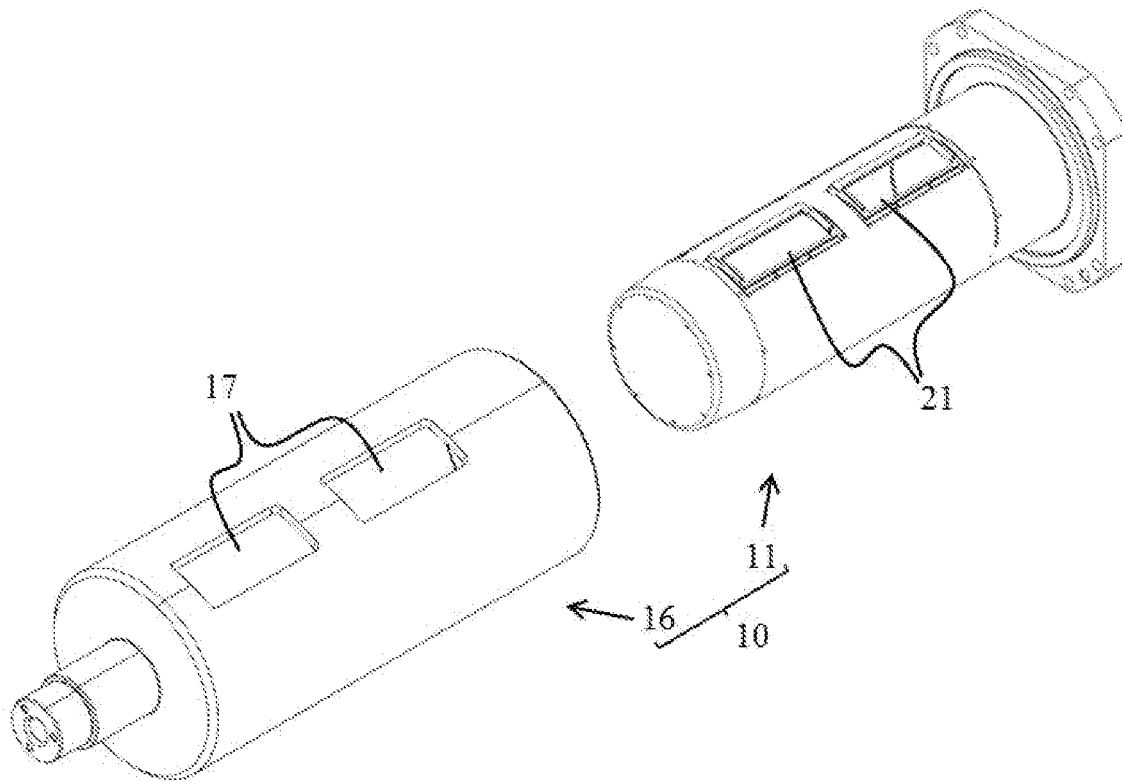
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 13]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 875849
FR 1915086

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	JP 2005 325711 A (TOYOTA MOTOR CORP) 24 novembre 2005 (2005-11-24)	1,2,5,6, 10,12-15	F02G1/00 F01K27/00
Y	* abrégé * * figures *	3,4,7-9, 11	F01L7/02 F01P3/04
Y	----- WO 2006/099066 A2 (ZAJAC OPTIMUM OUTPUT MOTORS IN [US]; ZAJAC JOHN [US]; SMITH IAN F [US]) 21 septembre 2006 (2006-09-21)	8,9	
A	* figures *	1	
Y	----- FR 3 069 884 A1 (H2P SYSTEMS [FR]) 8 février 2019 (2019-02-08) * abrégé * * figures *	3,4,7	
Y	----- US 3 555 814 A (MORSELL ARTHUR L) 19 janvier 1971 (1971-01-19) * colonne 3, ligne 31 - ligne 51 *	11	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 août 2020		Matray, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1915086 FA 875849

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-08-2020**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 2005325711	A	24-11-2005	AUCUN		

WO 2006099066	A2	21-09-2006	CN	101365868 A	11-02-2009
			EP	1866531 A2	19-12-2007
			US	2006243229 A1	02-11-2006
			US	2006254249 A1	16-11-2006
			US	2006254554 A1	16-11-2006
			US	2007012020 A1	18-01-2007
			US	2007012021 A1	18-01-2007
			US	2007012022 A1	18-01-2007
			US	2007012023 A1	18-01-2007
			US	2007012024 A1	18-01-2007
			US	2007012291 A1	18-01-2007
			US	2007017200 A1	25-01-2007
			US	2007017201 A1	25-01-2007
			US	2007017202 A1	25-01-2007
			US	2007017203 A1	25-01-2007
			US	2007017204 A1	25-01-2007
			US	2007017476 A1	25-01-2007
			US	2007017477 A1	25-01-2007
			US	2007151537 A1	05-07-2007
			US	2007151538 A1	05-07-2007
			WO	2006096850 A2	14-09-2006
			WO	2006099064 A2	21-09-2006
			WO	2006099066 A2	21-09-2006

FR 3069884	A1	08-02-2019	CN	111108285 A	05-05-2020
			EP	3662153 A1	10-06-2020
			FR	3069884 A1	08-02-2019
			US	2020240297 A1	30-07-2020
			WO	2019025555 A1	07-02-2019

US 3555814	A	19-01-1971	AUCUN		
