



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34544 B1**
- (43) Date de publication : **02.09.2013**
- (51) Cl. internationale : **F02B 21/00; F02M 31/04; F02M 31/16; F01B 17/02; F01D 13/02**
-
- (21) N° Dépôt : **35769**
- (22) Date de Dépôt : **25.03.2013**
- (30) Données de Priorité : **05.10.2010 FR 1058037**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2011/067212 03.10.2011**
- (71) Demandeur(s) : **MOTOR DEVELOPMENT INTERNATIONAL S.A., 17 RUE DES BAINS 1212 LUXEMBOURG (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **NEGRE, Guy ; NEGRE, Cyril**
- (74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**
-
- (54) Titre : **MOTEUR À AIR COMPRIMÉ À CHAMBRE ACTIVE INCLUSE ET AUTODÉTENDEUR**
- (57) Abrégé : L'invention propose un moteur plurimodal à chambre active incluse comportant un cylindre (1) et un piston (2) qui divise le cylindre en une chambre active (CA) et une chambre de détente (CD), et dans lequel : de l'air comprimé contenu dans un réservoir (12) alimente directement l'admission du cylindre moteur (1), le remplissage de la chambre active incluse (CA) s'effectue à une pression d'admission constante à chaque tour moteur, cette pression d'admission étant dégressive au fur à mesure de l'abaissement de la pression dans le réservoir, le volume de la chambre active incluse (CA) est augmenté progressivement au fur et à mesure de l'abaissement de pression dans le réservoir (12), et des moyens permettent non seulement d'ouvrir l'orifice et le conduit d'admission (7) sensiblement au point mort haut de la course du piston, mais permettent aussi de modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture, et le volume de la chambre active incluse (CA) est dimensionné pour la pression maximum de stockage, puis est progressivement augmenté, grâce à quoi le moteur est un moteur autodétendeur.

ABREGE

L'invention propose un moteur plurimodal à chambre active incluse comportant un cylindre (1) et un piston (2) qui divise le cylindre en une chambre active (CA) et une chambre de détente (CD), et dans lequel : de l'air comprimé contenu dans un réservoir (12) alimente directement l'admission du cylindre moteur (1), le remplissage de la chambre active incluse (CA) s'effectue à une pression d'admission constante à chaque tour moteur, cette pression d'admission étant dégressive au fur à mesure de l'abaissement de la pression dans le réservoir, le volume de la chambre active incluse (CA) est augmenté progressivement au fur et à mesure de l'abaissement de pression dans le réservoir (12), et des moyens permettent non seulement d'ouvrir l'orifice et le conduit d'admission (7) sensiblement au point mort haut de la course du piston, mais permettent aussi de modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture, et le volume de la chambre active incluse (CA) est dimensionné pour la pression maximum de stockage, puis est progressivement augmenté, grâce à quoi le moteur est un moteur autodétendeur.

Figure 1

02 SEPT 2013

**« MOTEUR A AIR COMPRIME
A CHAMBRE ACTIVE INCLUSE ET AUTODETENDEUR »**

L'invention concerne un moteur fonctionnant notamment avec de l'air
5 comprimé, ou tout autre gaz, et utilisant une chambre dite « chambre
active ».

Les inventeurs ont déposé de nombreux brevets concernant des
motorisations ainsi que leurs installations, utilisant des gaz et plus
particulièrement de l'air comprimé pour un fonctionnement totalement propre
10 en site urbain et suburbain :

Ils ont notamment déposé une demande de brevet internationale WO-
A1-03/036088 au contenu duquel on pourra se reporter, concernant un
groupe motocompresseur – motoalternateur à injection d'air comprimé
additionnel fonctionnant en mono-énergie et en pluri-énergies.

15 Dans ces types de moteur fonctionnant avec de l'air comprimé et
comportant un réservoir de stockage d'air comprimé, il est nécessaire de
détendre l'air comprimé stocké à très haute pression dans le réservoir mais
dont la pression diminue au fur et à mesure que le réservoir se vide, à une
pression intermédiaire stable dite pression finale d'utilisation, dans une
20 capacité tampon - dite capacité de travail - avant son utilisation dans le ou
les cylindres moteurs.

Les détendeurs conventionnels à clapets et ressorts bien connus ont
des débits très faibles et leur utilisation pour cette application demande des
appareils très lourds et peu performants. En outre, ils sont très sensibles au
25 givrage dû à l'humidité de l'air refroidi lors de la détente.

Pour résoudre ce problème, les inventeurs ont aussi déposé une
demande de brevet WO-A1-03/089764, au contenu de laquelle on pourra se
reporter, concernant un détendeur dynamique à débit variable et une
distribution pour moteurs alimentés avec injection d'air comprimé,
30 comportant un réservoir d'air comprimé à haute pression et une capacité de
travail.

Dans le fonctionnement de ces moteurs à « détente de charge » le
remplissage de la chambre d'expansion représente toujours une détente
sans travail nuisible au rendement général de la machine.

35 Pour résoudre le problème indiqué ci-dessus les inventeurs ont
encore déposé une demande de brevet WO-A1-2005/049968 décrivant un
moteur à air comprimé alimenté préférentiellement par de l'air comprimé ou
tout autre gaz comprimé contenu dans un réservoir de stockage à haute

pression, préalablement détendu à une pression nominale de travail dans une capacité tampon dite capacité de travail. La capacité de travail en version bi-énergies comporte un dispositif de réchauffage de l'air alimenté par une énergie additionnelle (fossile ou autre énergie) permettant
5 d'augmenter la température et/ou la pression de l'air qui la traverse.

Dans ce type de moteur selon WO-A1-2005/049968 :

- la chambre d'expansion est constituée d'un volume variable équipé de moyens permettant de produire un travail, elle est jumelée et en contact par un passage permanent avec l'espace compris au-dessus du piston
10 moteur principal qui est équipé d'un dispositif d'arrêt du piston à son point mort haut,

- durant l'arrêt du piston moteur à son point mort haut, l'air ou le gaz sous pression est admis dans la chambre d'expansion lorsque celle-ci est à son plus petit volume et, sous la poussée, va augmenter son volume en
15 produisant un travail,

- la chambre d'expansion étant maintenue sensiblement à son volume maximum, l'air comprimé qui y est contenu se détend ensuite dans le cylindre moteur en repoussant ainsi le piston moteur dans sa course descendante en fournissant un travail à son tour,

20 - durant la remontée du piston moteur pendant le temps d'échappement, le volume variable de la chambre d'expansion est ramené à son plus petit volume pour recommencer un cycle de travail complet.

La chambre d'expansion du moteur selon cette invention participe activement au travail. Le moteur est ainsi dit moteur à « chambre active ».

25 Le document WO-A1-2005/049968 revendique notamment un cycle thermodynamique en quatre phases lors de son fonctionnement en mode mono énergie air comprimé caractérisé par :

- une détente isotherme sans travail ;
- un transfert – légère détente avec travail dit quasi-isotherme ;
- 30 - une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante.

Le document WO-A1-2008/028881, qui présente une variante de WO-A1-2005/049968, revendique le même cycle thermodynamique mais en utilisant un dispositif bielle-manivelle traditionnel. Il est alimenté
35 préférentiellement par de l'air comprimé ou tout autre gaz comprimé contenu dans un réservoir de stockage à haute pression, préalablement détendu à une pression nominale de travail dans une capacité tampon dite capacité de travail. La capacité de travail en version bi-énergies comporte un dispositif

de réchauffage de l'air alimenté par une énergie additionnelle (fossile ou autre énergie) permettant d'augmenter la température et/ou la pression de l'air qui la traverse.

Dans ce type de moteur selon WO-A1-2008/028881 :

5 - la chambre d'expansion, dite chambre active, est constituée d'un volume variable équipé de moyens permettant de produire un travail et elle est reliée par un passage comportant un obturateur permettant ainsi de l'isoler ou de la mettre en contact avec le volume compris dans le cylindre moteur au-dessus du piston moteur à son point mort haut ;

10 - l'air ou le gaz sous pression est admis dans la chambre active lorsque celle-ci est à son plus petit volume et, sous la poussée va augmenter son volume en produisant un travail ;

- lorsque la chambre active est sensiblement à son volume maximum, et le piston moteur sensiblement à son point mort haut, l'admission est
15 obturée, ladite chambre est mise en communication avec le cylindre moteur et l'air comprimé y contenu se détend repoussant ainsi le piston moteur dans sa course descendante en fournissant un travail à son tour ;

- durant la détente le volume de la chambre active est ramené à son volume minimum pour permettre un nouveau cycle.

20 La chambre d'expansion du moteur selon l'invention participe activement au travail. Les moteurs selon WO-A1-2005/049968 et WO-A1-2008/028881 sont dits moteurs à chambre active.

Plus récemment, les inventeurs ont déposé une nouvelle demande de brevet pour un moteur à air comprimé à chambre active dite « incluse » qui
25 met en œuvre le même cycle thermodynamique que les moteurs selon WO-A1-2005/049968 et selon WO-A1-2008/028881, ainsi qu'un dispositif bielle-manivelle conventionnel. Selon cette nouvelle demande de brevet français n° FR1058005 déposée le 4 octobre 2010, les inventeurs ont proposé un moteur à chambre active incluse dans le cylindre moteur,
30 comportant au moins un piston monté coulissant dans un cylindre et entraînant un vilebrequin au moyen d'un dispositif bielle-manivelle traditionnel et fonctionnant selon un cycle thermodynamique à quatre phases comportant :

- une détente isotherme sans travail ;
- 35 - un transfert – légère détente avec travail dit quasi-isotherme ;
- une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante ;

alimenté préférentiellement par de l'air comprimé, ou tout autre gaz comprimé, contenu dans un réservoir de stockage à haute pression, à travers une capacité tampon dite capacité de travail qui est alimentée par de l'air comprimé, ou tout autre gaz comprimé, contenu dans un réservoir de
5 stockage à haute pression, qui est détendu à une pression moyenne dite pression de travail dans une capacité de travail préférentiellement à travers un dispositif de détendeur dynamique, caractérisé :

- en ce qu'il comporte au moins un piston monté coulissant dans au
10 moins un cylindre dont le volume balayé par le piston est divisé en deux parties distinctes dont une première partie constituant la chambre active CA qui est incluse dans le cylindre et une deuxième partie constituant la chambre de détente CD ;

- en ce que le volume du cylindre qui est balayé par le piston est
15 fermé en sa partie supérieure par une culasse comportant au moins un conduit et orifice d'admission et au moins un conduit et orifice d'échappement et qui est aménagé de telle sorte que, lorsque le piston est à son point mort haut, le volume résiduel compris entre le piston et la culasse est, par construction, réduit aux seuls jeux minimum permettant le
20 fonctionnement sans contact entre le piston et la culasse ;

- en ce que l'air comprimé ou le gaz sous pression est admis dans le cylindre au dessus du piston et, sous la poussée continue de l'air comprimé à pression constante de travail, le volume de la chambre active augmente en produisant un travail représentant la phase de transfert quasi-isotherme ;

- en ce que l'admission de l'air comprimé, ou du gaz sous pression,
25 dans le cylindre est obturée dès lors que le volume maximal de la chambre active CA est atteint, et que la quantité d'air comprimé, ou du gaz sous pression, comprise dans ladite chambre active se détend alors en repoussant le piston sur la deuxième partie de sa course qui détermine la chambre de
30 détente CD en produisant un travail assurant ainsi la phase de détente ;

- en ce que, le piston ayant atteint son point mort bas, l'orifice d'échappement est alors ouvert pour assurer la phase d'échappement pendant la remontée du piston sur la totalité de sa course.

Le volume maximal de la chambre active CA et le volume de la
35 chambre de détente CD sont dimensionnés de telle sorte qu'à la pression nominale de fonctionnement du moteur la pression en fin de détente au point mort bas est proche de la pression atmosphérique. Le volume maximal de la chambre active est déterminé par la fermeture de l'admission.

Avantageusement, et notamment en fonctionnement mono énergie à air comprimé, le moteur à chambre active incluse dans le cylindre décrit ci-dessus comporte plusieurs cylindres successifs de cylindrée croissante. Le premier cylindre, de plus petite cylindrée, est alimenté en air comprimé par la capacité de travail. Le ou les cylindres suivants, de cylindrées croissantes, sont alimentés en air comprimé par l'échappement du cylindre amont précédent. Un échangeur thermique air/air avec l'atmosphère est positionné entre les deux cylindres d'une paire de cylindres successifs en permettant ainsi d'augmenter la température de l'air de l'échappement du cylindre précédent, pour la ramener proche de la température ambiante/atmosphérique et d'augmenter ainsi le volume de l'air échappé.

Préférentiellement, le moteur est alimenté à l'instar des enseignements des documents WO-A1-2005/049968 et WO-A1-2008/028881, par de l'air comprimé, ou par tout autre gaz comprimé, contenu dans un réservoir de stockage à haute pression, préalablement détendu, à une pression nominale de travail, dans une capacité tampon - dite capacité de travail.

La capacité de travail en version bi-énergies comporte un dispositif de réchauffage, ou réchauffeur thermique, de l'air ou du gaz qui est alimenté par une énergie additionnelle (fossile ou autre énergie) permettant d'augmenter la température et/ou la pression de l'air qui la traverse. Ce moteur est dit à chambre active « incluse ».

Toutefois, même s'il est possible dans le cas d'un moteur à plusieurs étages d'alimenter le premier des cylindres à des pressions élevées, il reste nécessaire de détendre l'air comprimé à très haute pression contenu dans le réservoir de stockage à haute pression jusqu'à une pression nominale de travail et cette opération de détente, soit provoque une perte de rendement par l'utilisation d'un détendeur conventionnel soit, avec l'utilisation des enseignements du document WO-A1-03/089764, ne coûte pas d'énergie, mais cette détente ne permet pas d'effectuer un quelconque travail de détente entre la haute pression contenue dans le réservoir et la pression nominale de travail dans la capacité de travail à volume constant.

Le moteur à chambre active incluse dans le cylindre selon la présente invention se propose de résoudre ce dernier problème et il utilise les dispositions fonctionnelles du cylindre moteur à chambre active incluse dans le cylindre, il effectue la détente complète du réservoir de stockage, il fonctionne en mono et/ou bi-énergies avec énergie additionnelle. Ce

nouveau moteur dit « autodétendeur » constitue un moteur « plurimodal » à chambre active incluse dans le cylindre, et faisant fonction de détenteur.

L'invention propose ainsi un moteur, comportant au moins un cylindre et un piston qui est monté coulissant dans le cylindre et qui entraîne
5 un vilebrequin au moyen d'un dispositif bielle-manivelle traditionnel, dans lequel le volume du cylindre balayé par le piston est divisé en deux parties distinctes dont une première partie constituant la chambre active CA qui est incluse dans le cylindre et une deuxième partie constituant la chambre de détente CD, le cylindre étant fermé en sa partie supérieure par une culasse
10 comportant au moins un conduit et un orifice d'admission et au moins un conduit et un orifice d'échappement, et qui est aménagé de telle sorte que, lorsque le piston est à son point mort haut, le volume résiduel compris entre le piston et la culasse est, par construction, réduit au seuls jeux minimum permettant le fonctionnement sans contact entre le piston et la culasse, et
15 dans lequel de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, fourni à partir d'un réservoir de stockage d'air comprimé, ou de tout autre gaz sous pression est admis dans le cylindre au dessus du piston et, , sous la poussée continue de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, le volume de la chambre active augmente en produisant un travail, l'admission
20 de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, dans le cylindre est obturée dès lors que le volume maximal de la chambre active est atteint, et que la quantité d'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, comprise dans ladite chambre active se détend alors en repoussant le piston sur la deuxième partie de sa course en produisant un travail assurant ainsi la phase de détente, le piston ayant atteint son point mort bas, l'orifice d'échappement est alors ouvert pour assurer la phase d'échappement pendant la remontée du piston sur la totalité de sa course,

caractérisé :

- en ce que le réservoir de stockage d'air comprimé à haute
30 pression, ou de tout autre gaz sous pression, alimente directement l'admission du cylindre moteur ;

- en ce que le remplissage de la chambre active CA dans le cylindre s'effectue à une pression d'admission constante à chaque tour moteur, cette pression d'admission étant dégressive au fur à mesure de l'abaissement de
35 la pression dans le réservoir de stockage au cours de la vidange progressive de ce réservoir ;

- en ce que le volume maximal de la chambre active CA est variable et est augmenté progressivement au fur et à mesure de l'abaissement de

pression dans le réservoir de stockage qui détermine ladite pression d'admission ;

- en ce que les moyens d'ouverture et de fermeture de l'admission de l'air comprimé dans la chambre active permettent non seulement d'ouvrir
5 l'orifice et le conduit d'admission sensiblement au point mort haut de la course du piston, mais permettent aussi de modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture ;

- et en ce que le volume maximal de la chambre active CA est dimensionné pour la pression maximum de stockage, puis est
10 progressivement augmenté de telle sorte que, en fonction de la pression d'admission, du rapport de volumes entre la chambre active CA et la chambre de détente CD, la pression en fin de détente avant l'ouverture de l'échappement se trouvant proche de la pression atmosphérique.

Grâce à quoi le moteur selon l'invention fait aussi fonction de
15 détenteur, l'invention permettant ainsi de proposer un moteur « autodétendeur » qui ne nécessite pas de détenteur indépendant, quel que soit son type, pour l'alimentation de la chambre active.

Le moteur autodétendeur plurimodal à chambre active selon l'invention met notamment en œuvre, lors de son fonctionnement en mode
20 mono énergie air comprimé, un cycle thermodynamique à trois phases comportant :

- un transfert isobare et isotherme
- une détente polytropique avec travail
- un échappement à pression ambiante.

25 Dans le fonctionnement du moteur selon l'invention, le volume maximal de la chambre active incluse dans le cylindre détermine la quantité d'air comprimé injecté. Plus la pression d'admission est élevée, plus le volume de la chambre active doit être petit.

Et plus la pression d'admission est élevée, plus la puissance
30 potentielle du moteur est grande pour une même cylindrée. Pour une cylindrée donnée, l'augmentation du volume maximal de la chambre active incluse dans le cylindre, en fonction de la baisse de pression d'admission, permet de conserver la puissance du moteur quasi constante, dans une certaine plage de pression d'utilisation, par exemple, de 210 à 140 bars. En
35 dessous de la valeur inférieure, la puissance du moteur chute alors progressivement. Idéalement la cylindrée totale du moteur doit pouvoir augmenter au fur et à mesure de l'abaissement de la pression d'admission.

Selon une variante de l'invention, le moteur selon l'invention, comporte au moins deux cylindres de cylindrée croissante fonctionnant chacun selon le même principe qui vient d'être décrit, et caractérisé :

5 - en ce que, lorsque la pression d'admission est dans sa plage supérieure, correspondant par exemple au tiers supérieur des valeurs de la pression d'admission, seul le cylindre de plus petite cylindrée est alimenté ;

10 - en ce que, lorsque la pression d'admission est dans une plage intermédiaire, correspondant par exemple au tiers médian des valeurs de la pression d'admission, seul le deuxième cylindre de plus grande cylindrée est alimenté ;

- et en ce que, lorsque la pression d'admission est dans sa plage inférieure, correspondant par exemple au tiers inférieur des valeurs de la pression d'admission, les deux cylindres sont alimentés en même temps.

15 Sur le même principe, il est possible de réaliser un moteur selon l'invention comporte au moins trois cylindres, dont lesdits au moins deux cylindres de cylindrée croissante, grâce à quoi on peut ajuster plus finement la cylindrée totale utilisée en fonction de la pression d'admission, en faisant fonctionner successivement, conjointement et/ou en combinaison lesdits au moins trois cylindres du moteur.

20 Dans son application bi-énergies et en mode carburant additionnel, dans un moteur selon l'invention, entre le réservoir de stockage et l'admission du moteur, est positionné un dispositif thermique formant réchauffeur isobare permettant d'augmenter, à pression constante, la température de l'air, ou de tout autre gaz, qui le traverse et d'augmenter la
25 quantité d'énergie utilisable et disponible par le fait que l'air comprimé, ou tout autre gaz, à pression constante et avant son introduction dans la chambre active CA, va accroître sa température et augmenter son volume en permettant l'augmentation de l'autonomie d'une machine équipée du moteur, dans la proportion de ladite augmentation de volume.

30 En mode à air comprimé, par exemple lorsque le moteur selon l'invention équipe un véhicule en site urbain, seule la pression de l'air, ou de tout autre gaz, comprimé dans le réservoir à haute pression est utilisée pour le fonctionnement.

35 En fonctionnement en mode avec énergie additionnelle, fossile ou autre, par exemple lorsque le moteur selon l'invention équipe un véhicule sur route, le réchauffage de l'air comprimé est alors commandé, en permettant ainsi d'augmenter la température de l'air et par voie de conséquence le

volume utilisable pour le travail de charge de la chambre active et de la détente.

Il s'agit d'un chauffage isobare et le fait de multiplier par deux la température, permet de doubler le volume utile d'air comprimé, et ainsi de
5 suite.

Ainsi un réservoir de 200 litres d'air comprimé à 200 bars, soit 40 m³ d'air à 293K (20° Celsius) permet de disposer, à 586K (soit 313° Celsius), de 80 m³ d'air comprimé. Le réchauffage de l'air comprimé, initialement à la température ambiante permet, avec peu d'énergie, d'obtenir rapidement des
10 températures importantes tout en maîtrisant leur valeur pour, préférentiellement, rester en dessous des températures de formation d'oxydes d'azote particulièrement polluants et nocifs.

L'utilisation d'un dispositif thermique formant réchauffeur présente l'avantage de pouvoir utiliser des combustions continues propres qui peuvent
15 être catalysées ou dépolluées par tous moyens connus, dans le but d'aboutir à des émissions infimes de polluants.

Le dispositif thermique formant réchauffeur peut utiliser pour énergie un carburant fossile tel que de l'essence, du gazole ou bien du gaz GPL ou GNV. Il peut aussi utiliser des biocarburants ou de l'alcool/éthanol, en
20 permettant ainsi de réaliser un fonctionnement bi-énergies à combustion externe dans lequel un brûleur va provoquer une élévation de température. Il peut aussi utiliser des procédés thermochimiques permettant une telle élévation de la température.

Selon une variante de l'invention, le moteur utilise l'énergie solaire
25 pour réchauffer l'air comprimé, ou tout autre gaz, et - à cet effet - le dispositif thermique formant réchauffeur isobare comporte une parabole solaire focalisant dans le dispositif thermique formant réchauffeur isobare pour permettre l'augmentation de la température de l'air comprimé, ou de tout autre gaz, et d'augmenter la quantité d'énergie utilisable et disponible
30 par le fait que l'air comprimé, ou tout autre gaz, à pression constante, et avant son introduction dans la chambre active CA va accroître sa température et augmenter de volume en permettant l'augmentation de l'autonomie de ladite machine .

Les différentes énergies utilisées et les dispositifs thermiques de
35 réchauffage utilisés séparément ou en combinaison peuvent varier, sans pour autant changer le principe de l'invention.

En mode de fonctionnement avec énergie additionnelle, le cycle thermodynamique du moteur selon l'invention est à quatre phases comportant :

- une augmentation isobare de la température ;
- 5 - un transfert isobare/isotherme ;
- une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante.

Selon une variante de l'invention qui permet le fonctionnement autonome en bi-énergies du moteur selon l'invention, le moteur faisant
10 fonction de détenteur, est couplé avec et entraîne un compresseur d'air permettant, pendant son fonctionnement avec une énergie additionnelle, d'alimenter en air comprimé, ou tout autre gaz, le réservoir de stockage à haute pression.

Préférentiellement, un échangeur thermique, air-air ou autre, qui est
15 positionné entre le compresseur et le réservoir de stockage de telle sorte que l'air comprimé, ou tout autre gaz, à haute pression et à température élevée en sortie du compresseur retrouve, dans le réservoir de stockage, une température proche de la température ambiante.

Dans cette configuration, le moteur selon l'invention fonctionne selon
20 un cycle thermodynamique à six phases comportant :

- une compression polytropique de l'air ambiant/ atmosphérique ;
- un refroidissement à la température ambiante/ atmosphérique pour le stockage ;
- une augmentation isobare de la température ;
- 25 - un transfert isobare et isotherme ;
- une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante.

Le pilotage du moteur en couple et en régime est géré par un dispositif préférentiellement électronique, le couple et le régime du
30 moteur sont commandés par un dispositif piloté par un accélérateur qui commande l'ouverture et la fermeture des moyens d'ouverture/fermeture du conduit d'admission qui alimente en air, ou en tout autre gaz, comprimé la chambre active CA en permettant non seulement d'ouvrir les moyens d'ouverture/fermeture, sensiblement au point mort haut mais aussi de
35 modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture afin de déterminer la pression en fin de détente, en fonction de la pression dans le réservoir de stockage, la quantité

d'air comprimé, ou de tout autre gaz, admise, le volume de la chambre active CA par la fermeture des moyens d'ouverture/fermeture.

Le moteur selon l'invention mono énergie et bi-énergies ainsi équipé fonctionne selon trois modes, pouvant être utilisés séparément ou en
5 combinaison comportant :

- le mode de fonctionnement mono énergie, zéro pollution, avec l'air, ou tout autre gaz, préalablement comprimé contenu dans le réservoir de stockage à haute pression ;

- le mode de fonctionnement bi-énergies, avec l'air, ou tout autre
10 gaz, préalablement comprimé contenu dans le réservoir de stockage plus l'énergie additionnelle apportée par un dispositif thermique formant réchauffeur ;

- le mode de fonctionnement bi-énergies autonome, avec l'air, ou tout autre gaz, comprimé dans le réservoir de stockage par un compresseur
15 entraîné par le moteur, plus l'énergie additionnelle apportée par le dispositif thermique formant réchauffeur.

Les échangeurs thermiques peuvent être des échangeurs air/air ou air/liquide ou tout autre dispositif ou gaz produisant l'effet recherché.

Le moteur à chambre active selon l'invention peut être utilisé sur
20 tous véhicules terrestres, maritimes, ferroviaires, aéronautiques. Le moteur à chambre active selon l'invention peut également et avantageusement trouver son application dans les groupes électrogènes de secours, de même que dans de nombreuses applications domestiques de cogénération produisant de l'électricité, du chauffage et de la climatisation.

25 D'autres buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description, à titre non limitatif, de plusieurs modes de réalisation, faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un moteur selon l'invention à chambre active incluse dans le cylindre qui est illustré en coupe axiale,
30 représenté à son point mort bas et avec son dispositif d'alimentation en air comprimé ;

- les figures 2 à 4 représentent les différentes phases de fonctionnement du moteur selon l'invention ;

- la figure 5 représente un moteur selon l'invention comportant deux
35 cylindres ;

- la figure 6 représente un moteur et son dispositif d'alimentation en air comprimé comportant un dispositif de réchauffage de l'air comprimé au moyen d'une parabole solaire ;

- la figure 7 représente schématiquement un moteur selon l'invention couplé à un compresseur alimentant le réservoir de stockage.

La figure 1 représente un moteur autodétendeur à chambre active selon l'invention sur laquelle on peut voir un cylindre moteur 1 dans lequel
5 coulisse un piston 2 qui est relié par une bielle 3 au maneton 4 d'un vilebrequin 5.

Le volume du cylindre moteur 1 selon l'invention qui est balayé par le piston 2 est divisé selon une ligne imaginaire DD' (correspondant à un plan de division orthogonal à l'axe du cylindre) en deux parties : une
10 première partie constituant la chambre active CA, qui est ainsi incluse dans le cylindre, et une deuxième partie constituant la chambre de détente CD.

Lorsque le piston 2 est à son point mort haut, par construction, le volume résiduel entre la face supérieure du piston et la portion en vis-à-vis de la culasse 6 est nul, ou quasi nul, et le volume des chambres active CA et
15 de détente CD est alors nul.

A partir du point mort haut du piston, le volume du cylindre balayé par le piston et situé au-dessus de la face supérieure du piston va augmenter progressivement en créant ainsi successivement la chambre active CA, puis la chambre de détente CD.

20 La course descendante du piston 2 dans le cylindre 1 comporte ainsi, consécutivement, une première partie « supérieure » correspondant à la formation progressive de la chambre dite active CA, et une deuxième partie « inférieure » correspondant à la formation progressive de la chambre dite de détente CD.

25 Le cylindre moteur 1 est coiffé d'une culasse supérieure 6 comportant un conduit d'admission 7 et un conduit d'échappement 8 débouchant dans le cylindre 1 ainsi que des moyens associés d'obturation desdits conduits, ces moyens étant ici des soupapes d'admission 9 et d'échappement 10 respectivement.

30 Conformément à l'invention, le conduit d'admission 7 est directement relié au réservoir à haute pression 12 qui alimente ainsi directement la chambre active CA par le conduit d'admission 7.

L'air comprimé à haute pression contenu dans le réservoir de stockage à haute pression 12 alimente directement la chambre active CA par
35 le conduit d'admission 7 à pression constante lors de chaque tour moteur, cette pression étant dégressive au fur et à mesure de l'abaissement de la pression dans le réservoir de stockage, au cours de sa vidange, c'est à dire progressivement au fur et à mesure de sa vidange.

Pour permettre le contrôle en régime et charge du moteur, un dispositif (non représenté) piloté par un calculateur électronique qui prend en compte notamment la position d'un accélérateur tel qu'une pédale d'accélérateur, la pression de l'air comprimé contenu dans le réservoir de
5 stockage, le régime de rotation du moteur, ainsi que d'autres paramètres de fonctionnement, et qui commande l'ouverture et la fermeture de la soupape d'admission 9 du conduit d'admission 7 qui alimente en air comprimé la chambre active incluse CA, en permettant non seulement d'ouvrir la soupape sensiblement au point mort haut, mais aussi de modifier la durée et/ou le
10 secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture en modifiant la levée de la soupape afin de déterminer, en fonction de tout ou partie de ces différents paramètres :

- la quantité d'air comprimé admise ;
- le volume de la chambre active CA par la fermeture de la soupape
15 9 ;
- la pression en fin de détente.

La figure 2 représente le moteur selon l'invention en cours d'admission, la soupape d'admission 9 ayant été ouverte dès le point mort haut. L'air comprimé à pression contenu dans le réservoir de stockage 12
20 alimente la chambre active incluse CA dont le volume augmente progressivement et il repousse le piston 2 dans sa course descendante, en produisant un travail et en effectuant la première phase du cycle thermodynamique : transfert isobare et isotherme.

La figure 3 représente le moteur selon l'invention alors que le piston
25 2 atteint la ligne DD' à laquelle le volume de la chambre active CA est maximal et auquel la pression dans la chambre active se trouve à la pression contenue dans le réservoir de stockage. La soupape d'admission 9 est alors fermée et elle interrompt l'arrivée de l'air sous pression. L'air comprimé contenu dans la chambre active CA se détend alors en repoussant le piston
30 1 vers son point mort bas (figure 4) et faisant un travail moteur de détente, et effectuant la deuxième phase du cycle thermodynamique : détente polytropique avec travail.

Le piston 1 atteint ensuite son point mort bas (figure 1) correspondant au volume maximal disponible du cylindre balayé par le
35 piston, et la soupape d'échappement 10 est alors ouverte pour évacuer, à travers le conduit d'échappement 8, l'air détendu et dont la pression est proche de la pression ambiante/atmosphérique vers l'atmosphère, durant sa

course de remontée, en réalisant la phase du cycle thermodynamique :
échappement à pression ambiante.

La figure 5 représente un selon moteur l'invention bicylindres de
deux étages, de cylindrées croissantes, sur laquelle on peut voir, de gauche
5 à droite, le premier cylindre 1, qui, est le cylindre de plus petite cylindrée,
dans lequel coulisse un piston 2 relié par une bielle 3 au maneton 4 d'un
vilebrequin 5.

Ce premier cylindre moteur 1 est divisé selon une ligne DD' en deux
parties : une chambre active CA et une chambre de détente partielle CD (non
10 visible sur le dessin).

Le premier cylindre moteur 1 est coiffé d'une culasse 6 comportant,
débouchant dans le cylindre 1, un conduit d'admission 7 et un conduit
d'échappement 8 ainsi que des moyens d'obturation desdits conduits, ces
moyens étant ici des soupapes d'admission 9 et d'échappement 10. Le
15 conduit d'admission 7 est relié au réservoir à haute pression 12 à travers
une vanne à trois voies 21. Le conduit d'échappement 8 débouche à
l'atmosphère.

Le deuxième étage est constitué d'un deuxième cylindre 1A, dont la
cylindrée est plus importante que celle du premier cylindre 1, dans lequel
20 coulisse un deuxième piston 2A qui est relié par une bielle 3A au maneton
4A du vilebrequin commun 5.

Le deuxième cylindre moteur 1A est divisé selon une ligne DD' en
deux parties : une deuxième chambre active CA1 et une deuxième chambre
de détente CD1.

Le deuxième cylindre moteur 1A est coiffé de la culasse 6, ici
commune, comportant, débouchants dans le deuxième cylindre 1A, un
conduit d'admission 7A et un conduit d'échappement 8A ainsi que des
moyens d'obturation desdits conduits qui sont ici des soupapes d'admission
9A et d'échappement 10A. Le conduit d'admission 7A est relié au réservoir à
30 haute pression 12 à travers la vanne à trois voies 21. Le conduit
d'échappement 8 A débouche à l'atmosphère.

L'air comprimé à haute pression contenu dans le réservoir de
stockage à haute pression 12 alimente, à travers la vanne à 3 voies 21, soit
le conduit d'admission du premier cylindre 1, soit le conduit d'admission du
35 deuxième cylindre 1A, soit encore les deux cylindres 1 et 1A en même
temps.

Les valeurs de pression indiquées ci-après dans la brève description du fonctionnement du moteur bicylindres sont données à titre d'exemple non limitatif d'une réalisation réaliste et possible de l'invention.

Lors du fonctionnement, alors que la pression de l'air comprimé contenu dans le réservoir de stockage 12 est dans la plage supérieure des valeurs de pression d'admission, par exemple dans le tiers supérieur, pour un réservoir dont la pression maximum est de 210 bars, par exemple entre 140 bars et 210 bars, la vanne à trois voies obture le conduit d'admission 7A et dirige l'air comprimé vers le conduit d'admission 7 du premier cylindre 1 qui assure seul le fonctionnement du moteur selon l'invention.

Lorsque la pression d'admission de l'air comprimé contenu dans le réservoir de stockage 12 se trouve dans la plage intermédiaire des valeurs de pression d'admission, par exemple correspondant au tiers médian des valeurs de la pression d'admission, pour un réservoir dont la pression maximum est de 210 bars, par exemple entre 70 bars et 140 bars, la vanne à trois voies obture le conduit d'admission 7 et dirige l'air comprimé vers le conduit d'admission 7A du deuxième cylindre 1A qui assure seul le fonctionnement du moteur autodétendeur.

Lorsque la pression d'admission de l'air comprimé contenu dans le réservoir de stockage 12 se trouve dans la plage inférieure des valeurs de pression d'admission, par exemple correspondant au tiers inférieur des valeurs de la pression d'admission, pour un réservoir dont la pression maximum est de 210 bars, par exemple entre 5 bars et 70 bars, la vanne trois voies dirige simultanément l'air comprimé, à la fois vers le conduit d'admission 7 du premier cylindre 1 et vers le conduit d'admission 7A du deuxième cylindre 1A, les deux cylindres 1 et 1A assurant ensemble le fonctionnement du moteur.

La figure 6 représente moteur selon l'invention avec son dispositif d'alimentation en air à haute pression comportant un dispositif de réchauffage de l'air comprimé comportant une parabole solaire (16) focalisant dans une chambre permettant l'augmentation de la température de l'air comprimé qui la traverse. Cette disposition permet d'augmenter la quantité d'énergie utilisable et disponible par le fait que l'air comprimé, avant son introduction dans la chambre active incluse CA, va accroître sa température et augmenter son volume en permettant, pour une même performance, de prélever dans le réservoir de stockage 12 un volume d'air moins important et d'augmenter l'autonomie d'un véhicule équipé de ce moteur selon l'invention.

La figure 7 représente un moteur selon l'invention fonctionnant en bi-énergies autonome avec par exemple une énergie dite additionnelle fossile, ici dans un dispositif thermique comportant un brûleur 17 inclus dans une chambre 17A et qui est alimenté par une bouteille de gaz 18.

5 Le vilebrequin 5, dans sa rotation, entraîne un compresseur d'air comprimé 19 qui alimente le réservoir de stockage 12 à travers un échangeur thermique air/air 20.

Le fonctionnement général du moteur est identique à celui décrit précédemment en référence aux figures 1 à 4. Toutefois cette disposition
10 permet de remplir le réservoir de stockage en cours de fonctionnement avec une énergie additionnelle.

Le moteur autodétendeur à chambre active incluse est décrit avec un fonctionnement avec de l'air comprimé. Toutefois, il peut utiliser n'importe quel gaz comprimé sans pour autant sortir du cadre de la présente invention.

15 L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisations décrits et représentés : les matériaux, les moyens de commande, les dispositifs décrits peuvent varier dans la limite des équivalents, pour produire les mêmes résultats. Le nombre de cylindres moteur, leur(s) cylindrée(s), le volume maximum de la chambre active par rapport au volume déplacé du/des
20 cylindre(s) et le nombre d'étages de détente, peuvent aussi varier, sans pour cela sortir du cadre de la présente invention.

REVENDEICATIONS

1. Moteur à chambre active, comportant au moins un cylindre (1) et un piston (2) qui est monté coulissant dans le cylindre (1) et qui entraîne un vilebrequin (5) au moyen d'un dispositif bielle-manivelle (3,4) traditionnel, dans lequel le volume du cylindre (1) balayé par le piston (2) est divisé en deux parties distinctes dont une première partie constituant la chambre active (CA) qui est incluse dans le cylindre et une deuxième partie constituant la chambre de détente (CD), le cylindre (1) étant fermé en sa partie supérieure par une culasse (6) comportant au moins un conduit et un orifice d'admission (7) et au moins un conduit et un orifice d'échappement (8), et qui est aménagé de telle sorte que, lorsque le piston (2) est à son point mort haut, le volume résiduel compris entre le piston (2) et la culasse (6) est, par construction, réduit au seuls jeux minimum permettant le fonctionnement sans contact entre le piston et la culasse, et dans lequel de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, fourni à partir d'un réservoir de stockage d'air comprimé, ou de tout autre gaz sous pression est admis dans le cylindre (1) au dessus du piston, et, sous la poussée continue de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, le volume de la chambre active (CA) augmente en produisant un travail, l'admission de l'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, dans le cylindre est obturée dès lors que le volume maximal de la chambre active (CA) est atteint, et que la quantité d'air comprimé, ou tout autre gaz sous pression, comprise dans ladite chambre active se détend alors en repoussant le piston sur la deuxième partie de sa course en produisant un travail assurant ainsi la phase de détente, le piston ayant atteint son point mort bas, l'orifice d'échappement est alors ouvert pour assurer la phase d'échappement pendant la remontée du piston sur la totalité de sa course,

caractérisé :

- en ce que le réservoir (12) de stockage d'air comprimé à haute pression, ou tout autre gaz sous pression, alimente directement l'admission du cylindre moteur (1) ;

- en ce que le remplissage de la chambre active (CA) dans le cylindre s'effectue à une pression d'admission constante à chaque tour moteur, cette pression d'admission étant dégressive au fur à mesure de l'abaissement de la pression dans le réservoir de stockage (12) au cours de la vidange de ce réservoir ;

- en ce que le volume maximal de la chambre active (CA) est variable et augmente progressivement au fur et à mesure de l'abaissement

de pression dans le réservoir de stockage (12) qui détermine ladite pression d'admission ;

5 - en ce que les moyens (7,9) d'ouverture et de fermeture de l'admission de l'air comprimé dans la chambre active (CA) permettent non seulement d'ouvrir l'orifice et le conduit d'admission (7) sensiblement au point mort haut de la course du piston, mais permettent aussi de modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la section de passage de l'ouverture ;

10 - en ce que le volume maximal de la chambre active (CA) est dimensionné pour la pression maximum de stockage, puis est progressivement augmenté de telle sorte que, en fonction de la pression d'admission, du rapport de volumes entre la chambre active incluse (CA) et la chambre de détente (CD), la pression en fin de détente avant l'ouverture de l'échappement (8) se trouvant proche de la pression atmosphérique.

15 2. Moteur à chambre active selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il fonctionne selon un cycle thermodynamique à trois phases comportant :

- un transfert isobare et isotherme ;
- une détente polytropique avec travail ;
- 20 - un échappement à pression ambiante.

3. Moteur à chambre active selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux cylindres de cylindrée croissante (1 ; 1A) fonctionnant chacun selon le même principe qui vient d'être décrit, et caractérisé :

25 - en ce que, lorsque la pression d'admission est dans sa plage supérieure, correspondant par exemple au tiers supérieur des valeurs de la pression d'admission, seul le cylindre de plus petite cylindrée est alimenté ;

30 - en ce que, lorsque la pression d'admission est dans une plage intermédiaire, correspondant par exemple au tiers médian des valeurs de la pression d'admission, seul le deuxième cylindre de plus grande cylindrée est alimenté ;

- et en ce que, lorsque la pression d'admission est dans sa plage inférieure, correspondant par exemple au tiers inférieur des valeurs de la pression d'admission, les deux cylindres sont alimentés en même temps.

35 4. Moteur à chambre active selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte au moins trois cylindres, dont lesdits au moins deux cylindres de cylindrée croissante, grâce à quoi on peut ajuster plus finement la cylindrée totale utilisée en fonction de la pression d'admission, en faisant

fonctionner successivement, conjointement et/ou en combinaison lesdits au moins trois cylindres du moteur.

5 5. Moteur à chambre active selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans son application bi-énergies, caractérisé en ce que, entre le réservoir de stockage (12) et l'admission du moteur, est positionné un dispositif thermique formant réchauffeur isobare permettant d'augmenter, à pression constante, la température de l'air, ou de tout autre gaz, qui le traverse et d'augmenter la quantité d'énergie utilisable et disponible par le fait que l'air comprimé, ou tout autre gaz, à pression
10 constante et avant son introduction dans la chambre active (CA), va accroître sa température et augmenter son volume en permettant l'augmentation de l'autonomie d'une machine équipée du moteur, dans la proportion de ladite augmentation de volume.

15 6. Moteur à chambre active selon la revendication 5, dans son application bi-énergies, caractérisé en ce que le dispositif thermique formant réchauffeur isobare comporte une parabole solaire focalisant dans le dispositif thermique formant réchauffeur isobare pour permettre l'augmentation de la température de l'air comprimé, ou de tout autre gaz, et d'augmenter la quantité d'énergie utilisable et disponible par le fait que l'air
20 comprimé, ou tout autre gaz, à pression constante, et avant son introduction dans la chambre active (CA) va accroître sa température et augmenter de volume en permettant l'augmentation de l'autonomie de ladite machine.

25 7. Moteur à chambre active selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que son cycle thermodynamique est à quatre phases comportant :

- une augmentation de la température isobare ;
- un transfert isotherme ;
- une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante.

30 8. Moteur à chambre active selon l'une des revendications 5 ou 6, dans son application bi-énergies autonome, caractérisé en ce qu'il est couplé avec et entraîne un compresseur d'air (19) permettant, pendant son fonctionnement avec une énergie additionnelle, d'alimenter en air comprimé, ou tout autre gaz, le réservoir de stockage à haute pression (12).

35 9. Moteur à chambre active selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte un échangeur thermique, air-air ou autre, qui est positionné entre le compresseur (19) et le réservoir de stockage (12) de telle sorte que l'air comprimé, ou tout autre gaz, à haute pression et à température élevée

en sortie du compresseur retrouve, dans le réservoir de stockage, une température proche de la température ambiante.

10. Moteur à chambre active selon la revendication 9, caractérisé en ce que son cycle thermodynamique comporte six phases comportant :

- 5 - une compression polytropique de l'air ambiant/atmosphérique ;
- un refroidissement à la température ambiante/atmosphérique pour le stockage ;
- une augmentation de la température isobare ;
- un transfert isobare/isotherme ;
- 10 - une détente polytropique avec travail ;
- un échappement à pression ambiante.

11. Moteur à chambre active selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le couple et le régime du moteur sont commandés par un dispositif piloté par un accélérateur qui
15 commande l'ouverture et la fermeture des moyens d'ouverture/fermeture (9) du conduit d'admission (8) qui alimente en air, ou en tout autre gaz, comprimé la chambre active (CA) en permettant non seulement d'ouvrir les moyens d'ouverture/fermeture, sensiblement au point mort haut mais aussi de modifier la durée et/ou le secteur angulaire de l'admission, ainsi que la
20 section de passage de l'ouverture afin de déterminer la pression en fin de détente, en fonction de la pression dans le réservoir de stockage (12), la quantité d'air comprimé, ou de tout autre gaz, admise, le volume de la chambre active (CA) par la fermeture des moyens d'ouverture/fermeture (9).

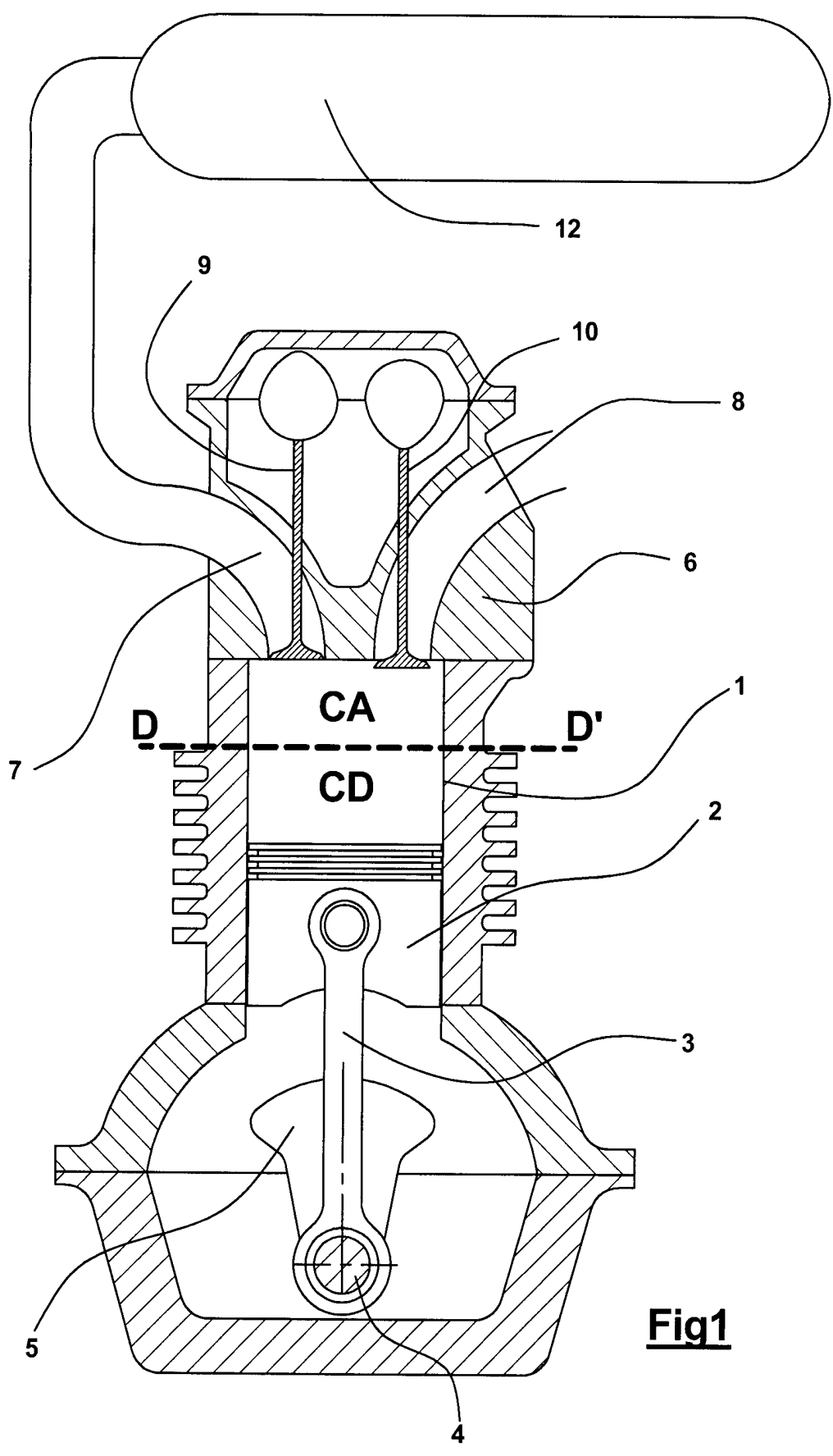
12. Moteur à chambre active selon l'une des revendications 5 ou 6,
25 caractérisé en ce que, lors du fonctionnement en mode bi-énergies avec une énergie additionnelle, le moteur comporte un calculateur électronique qui contrôle la quantité d'énergie apportée en fonction de la pression de l'air comprimé, ou de tout autre gaz, et donc de la masse d'air, ou de tout autre gaz, introduite dans la chambre active (CA).

30 13. Moteur à chambre active selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moteur fonctionne selon trois modes, pouvant être utilisés séparément ou en combinaison comportant :

- 35 - le mode de fonctionnement mono-énergie, zéro pollution, avec l'air, ou tout autre gaz, préalablement comprimé contenu dans le réservoir de stockage à haute pression ;
- le mode de fonctionnement bi-énergies, avec l'air, ou tout autre gaz, préalablement comprimé contenu dans le réservoir de stockage plus

l'énergie additionnelle apportée par un dispositif thermique formant réchauffeur ;

- le mode de fonctionnement bi-énergies autonome, avec l'air, ou tout autre gaz, comprimé dans le réservoir de stockage par un compresseur 5 entraîné par le moteur, plus l'énergie additionnelle apportée par le dispositif thermique formant réchauffeur.



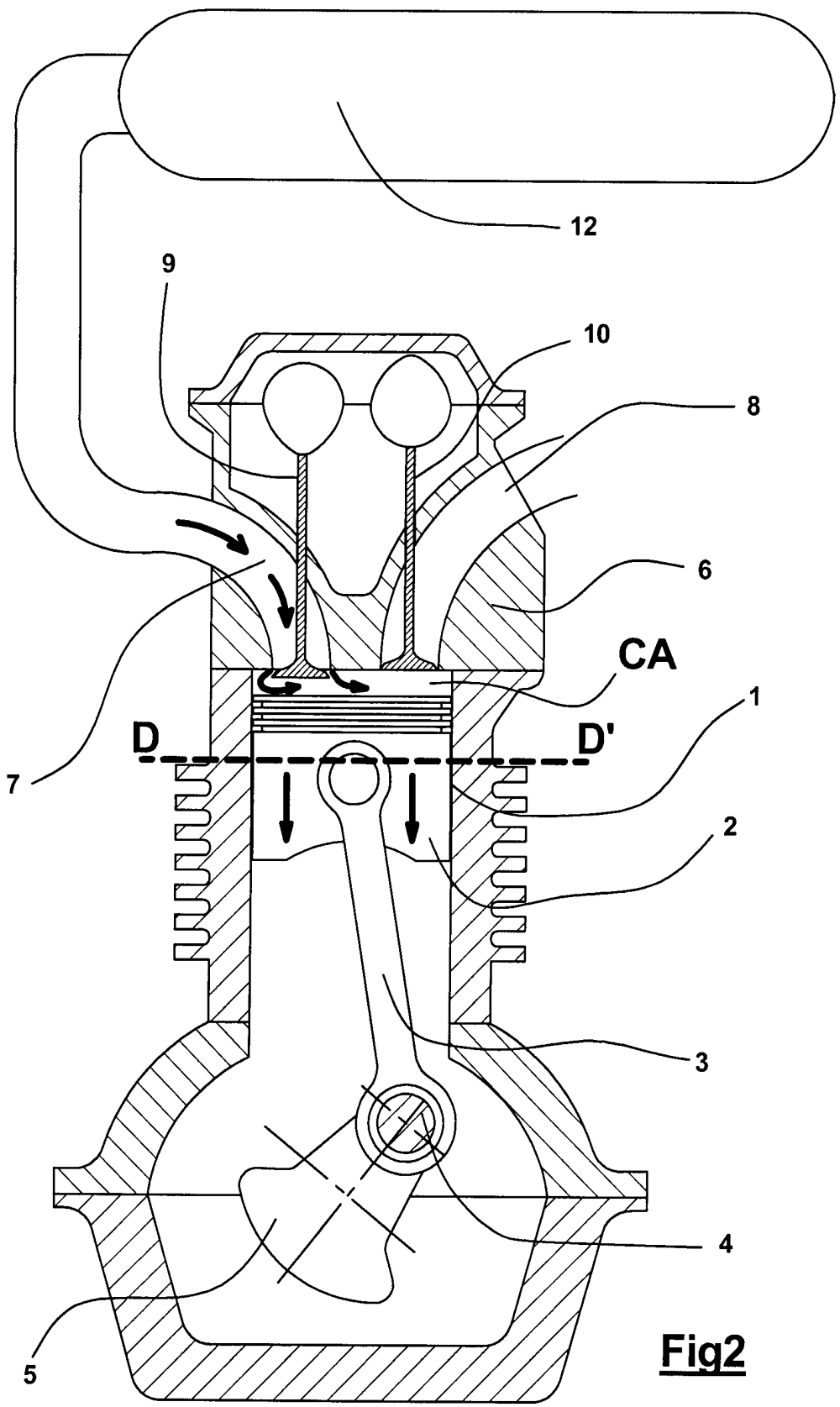
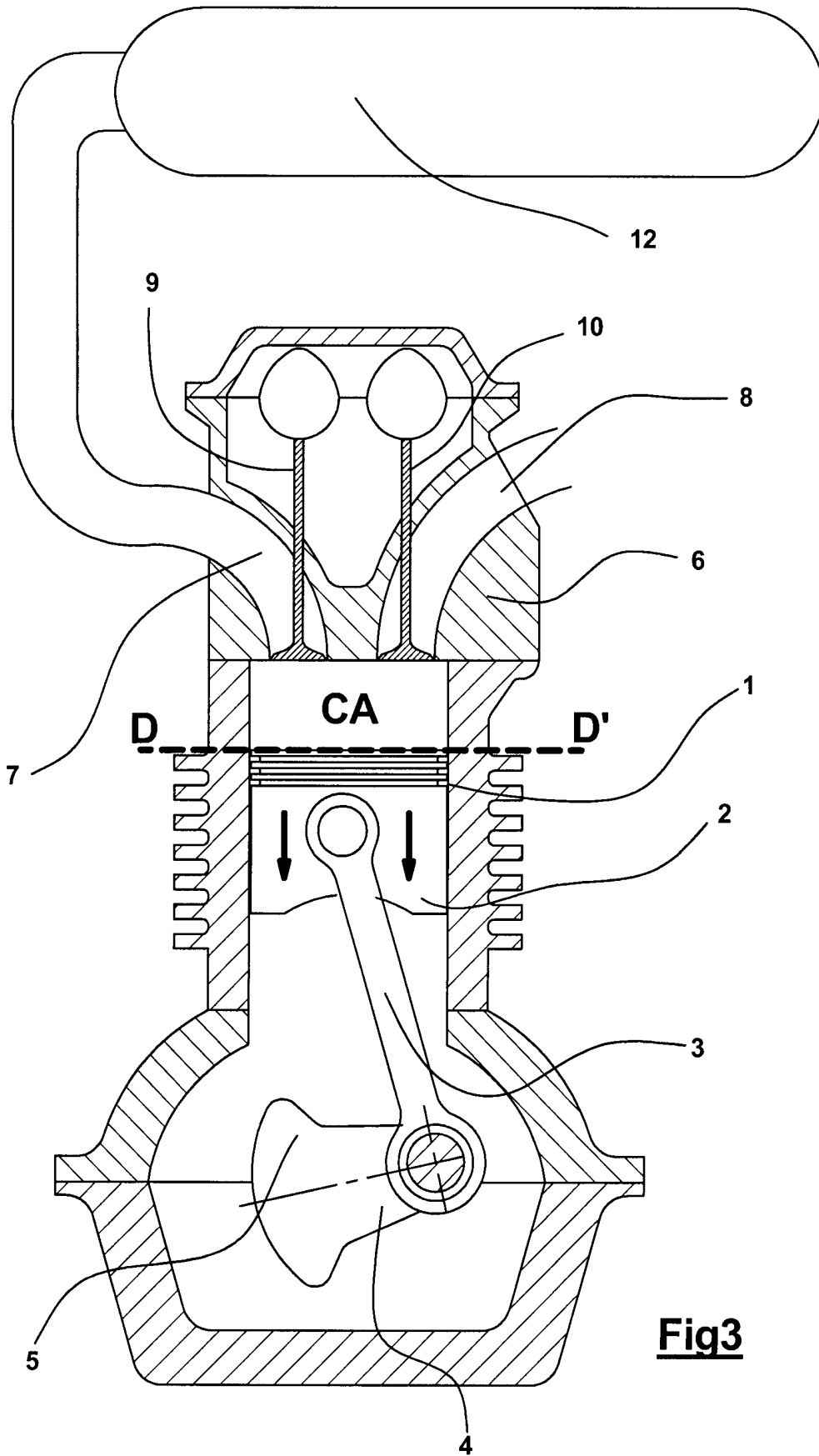
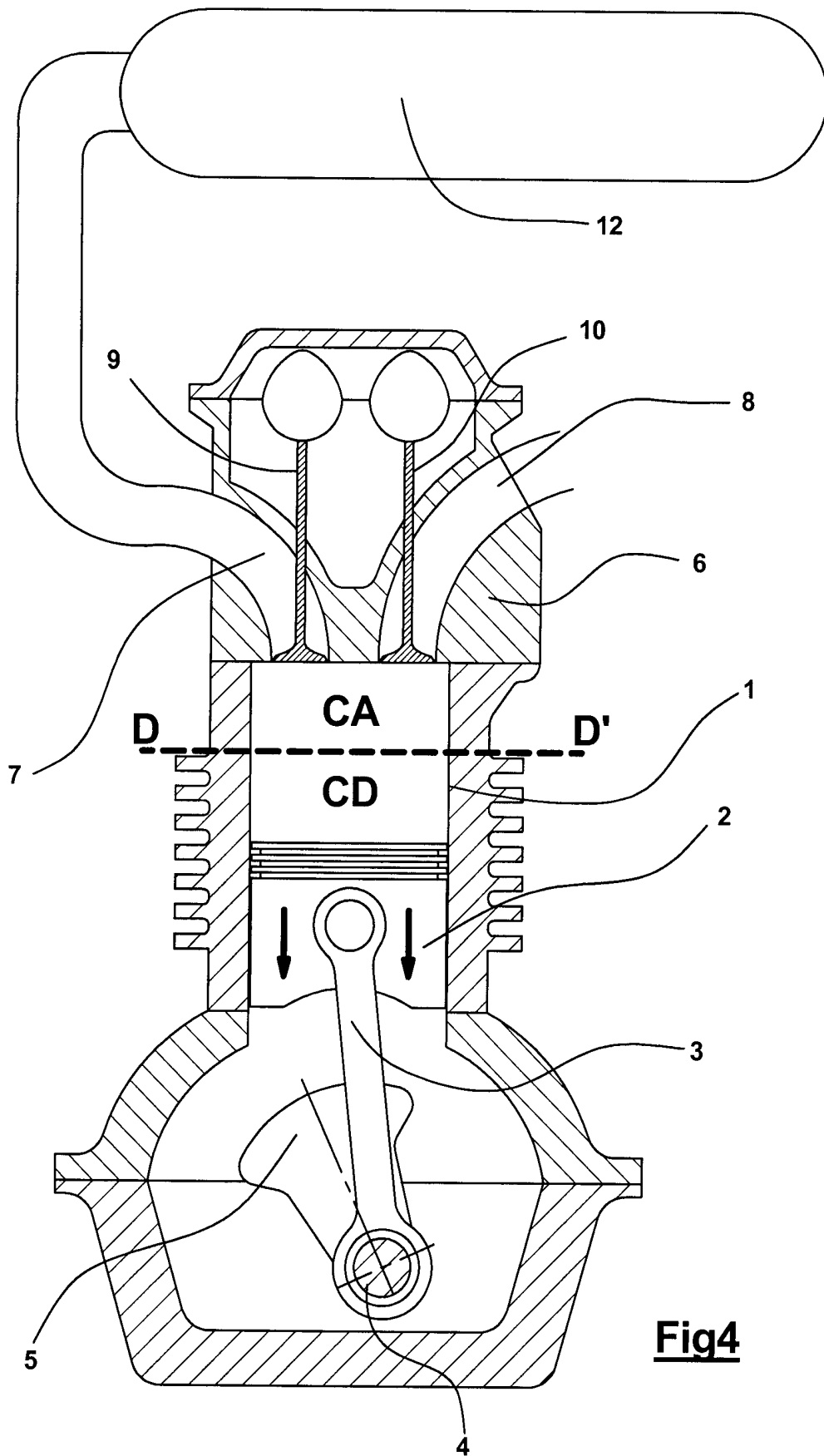


Fig2





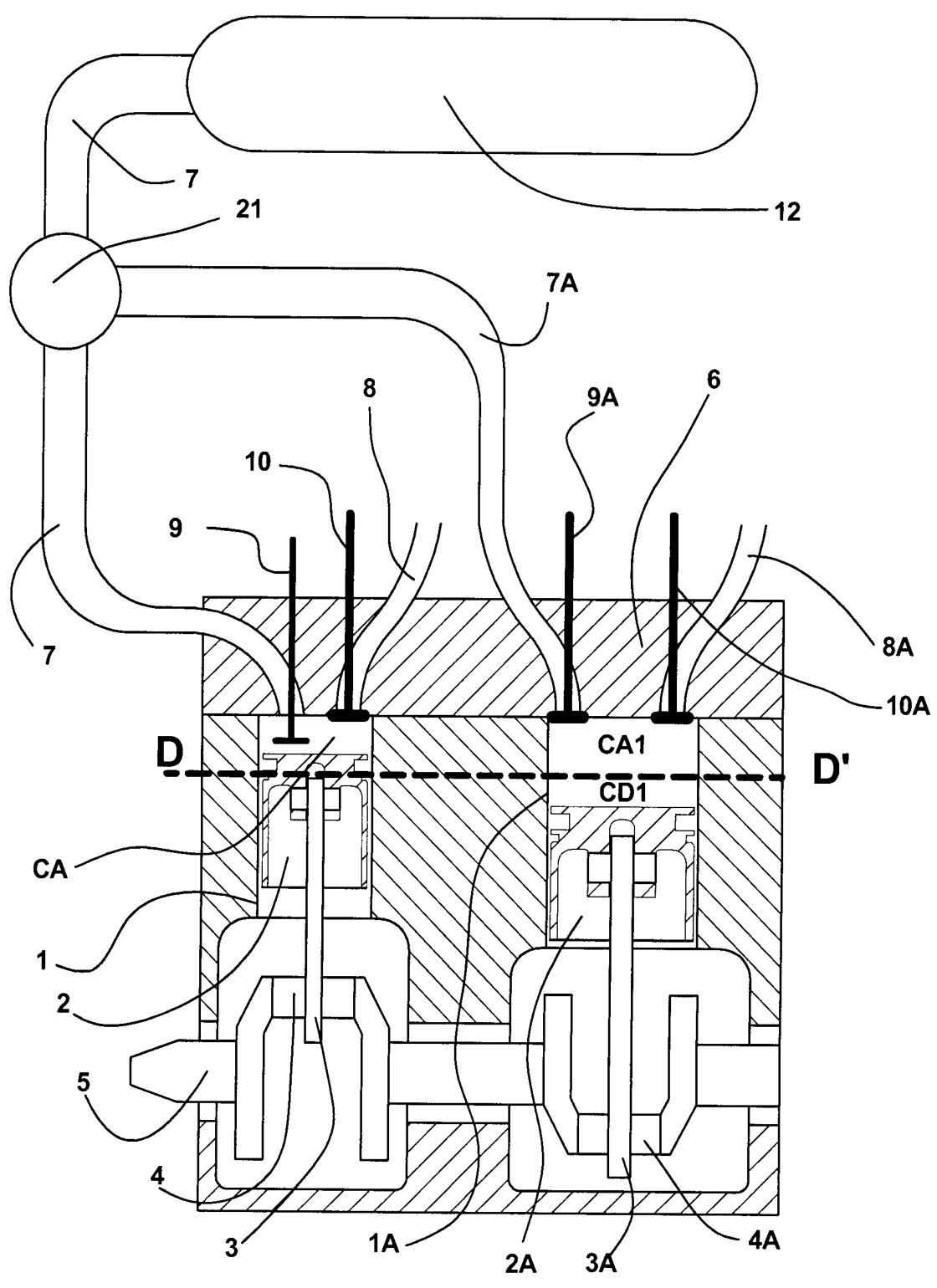


Fig5

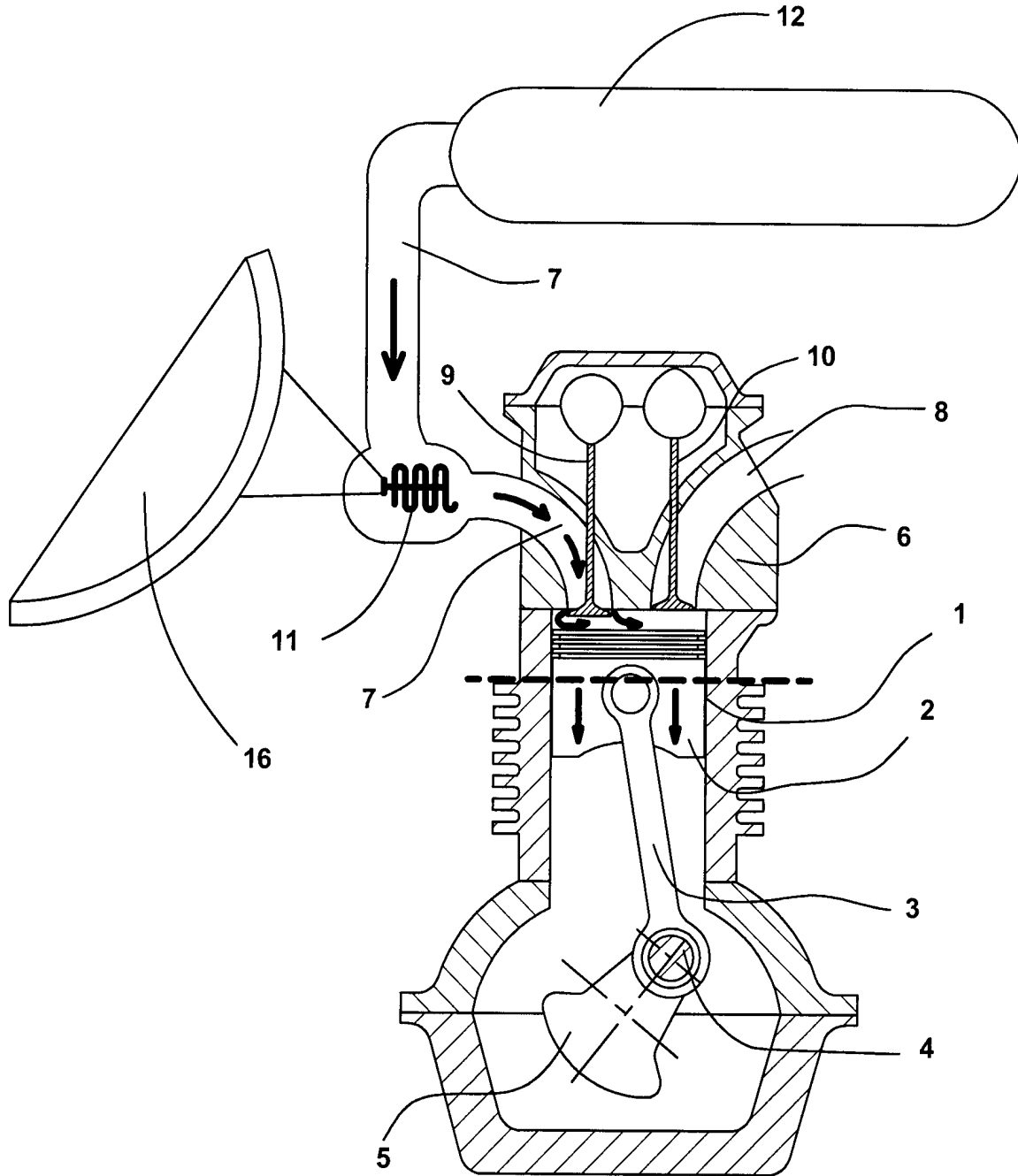


Fig6

