

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 952 120

②1 N° d'enregistrement national : **09 57723**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 B 25/00** (2006.01), **F 01 B 25/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.11.09.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.05.11 Bulletin 11/18.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : *EMS CONCEPT Société à responsa-
bilité limitée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : OSTERTAG RICHARD et HEITZ STE-
PHANE.

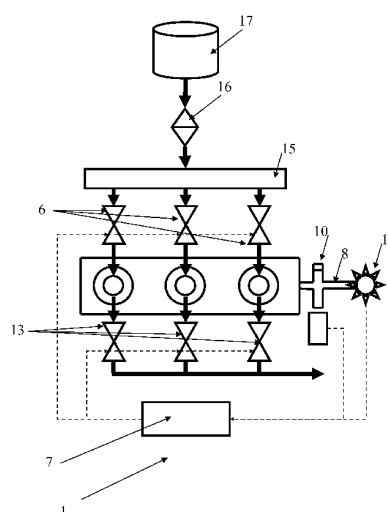
⑦3 Titulaire(s) : EMS CONCEPT Société à responsabilité
limitée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET NUSS.

⑤4 **DISPOSITIF DE MOTEUR PNEUMATIQUE A INJECTION PILOTEE PAR AVANCE.**

⑤7 La présente invention a pour objet un dispositif de mo-
teur pneumatique (1) comportant au moins une unité motri-
ce, comprenant, entre autres, un piston et au moins un
organe piloté d'injection (6) de fluide gazeux, préférentiel-
lement de l'air, et une carte électronique (7). La carte électro-
nique (7) permet de déterminer l'instant d'émission de la
commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'in-
jection (6), de sorte que l'injection de fluide gazeux débute
à un instant ultérieur prédéterminé.

Application aux moteurs pneumatiques.



FR 2 952 120 - A1



- 1 -

DESCRIPTION

La présente invention concerne le domaine des dispositifs de motorisation, plus particulièrement les moteurs pneumatiques, et a pour objet un dispositif de moteur pneumatique, ainsi qu'un procédé de fonctionnement d'un tel moteur.

5 Un moteur pneumatique présente de nombreux avantages tels que, entre autres, l'absence d'émission polluante, la température de fonctionnement moins élevée qu'un moteur thermique, un poids et un encombrement relativement faibles.

De nombreuses constructions de moteurs pneumatiques, plus
10 ou moins performants et plus ou moins complexes, ont déjà été proposées.

WO 03/074839 concerne, entre autres, un moteur pneumatique, arrangé sous la forme d'un vérin rotatif, et porte plus particulièrement sur la conception des chambres et la transformation de la pression en couple de rotation. L'air sous pression est alimenté dans une première chambre,
15 repoussant ainsi ses parois, liées, au travers d'un jeu d'excentriques, à l'arbre du moteur. Il suffit ensuite d'alimenter en pression la chambre dont le volume est complémentaire à la première. Toutefois, l'architecture d'un tel moteur rotatif est relativement complexe, comportant beaucoup de pièces mobiles avec le cylindre, ce qui a pour effet d'intensifier l'usure et
20 d'augmenter le risque de casses.

WO 91/17344 concerne un moteur rotatif pneumatique réalisé par l'accumulation de vérins linéaires complexes et spécifiques, dotés de plusieurs chambres pneumatiques, dont certaines sont mises en communication au travers d'un compresseur. Un premier vérin peut, en
25 outre, en englober au moins un deuxième, plus petit, qui agit ainsi sur les deux chambres du premier. Le document divulgue aussi le système électrique de contrôle spécifique de cet ensemble de composants pneumatiques. Néanmoins, la complexité de montage rend difficile l'application robuste du principe divulgué à des ordres de grandeur de puissance plus faibles.
30

WO 2007/126427 concerne la conversion d'un moteur fonctionnant avec l'explosion d'un mélange carburant-comburant, en un moteur fonctionnant avec de l'air chaud en entrée. Le document présente plus particulièrement le dispositif de transformation, qui comprend, entre

- 2 -

autres, une alimentation électrique, un compresseur, un réservoir d'air, des bobines de chauffage et des buses adaptées qui remplacent les bougies d'allumage. Néanmoins, afin de garantir un fonctionnement optimal, il est souhaitable d'avoir un dispositif d'injection et bloc moteur, à savoir, entre
5 autres, pistons et cylindres, adaptés.

US 2009/0039300 concerne un moteur dit hydromécanique à explosion. L'air d'admission est comprimé, mélangé au carburant, puis envoyé dans la chambre d'expansion. Le document concerne plus particulièrement le pilotage de la valve d'admission du cylindre
10 d'expansion. Ce pilotage est réalisé de façon entièrement mécanique, par un jeu de came et de ressorts, dont les mouvements sont synchronisés à l'arbre du moteur. Il s'agit néanmoins d'un moteur générant des émissions polluantes.

DE 10 2007 026 084 décrit un moteur pneumatique muni d'un
15 organe pour l'injection et d'un organe piloté pour l'échappement de l'air. Néanmoins cet appareil nécessite une source d'énergie hydraulique, qui a pour rôle de pressuriser l'air avant d'en exploiter la détente.

Enfin, KR 20040089264 porte sur l'injection directe d'air comprimé dans la chambre d'un cylindre. Le contrôle se fait par des
20 composants électroniques : vannes d'entrée et de sortie électroniques, montées dans la tête du cylindre. Le document n'est néanmoins pas intéressé par l'optimisation de la quantité d'air injectée en fonction du régime moteur et de la charge.

La présente invention a pour but de pallier au moins certains, et
25 préférentiellement tous les inconvénients précités, en proposant, d'une part, un moteur pneumatique de conception simple, de fabrication robuste, consommant une quantité d'air optimale, et, d'autre part, un procédé de fonctionnement d'un tel moteur pneumatique.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de moteur
30 pneumatique comprenant au moins une unité motrice, essentiellement constituée d'un cylindre définissant partiellement une chambre de détente de fluide gazeux, préférentiellement d'air, d'un piston évoluant dans ce cylindre selon un cycle de déplacement linéaire alternatif avec un point mort haut, dit PMH, et un point mort bas, dit PMB, d'au moins un organe
35 piloté d'injection pour le contrôle de l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente, et d'au moins un moyen d'échappement apte à permettre l'échappement du fluide gazeux hors de cette chambre, ce

- 3 -

dispositif de moteur pneumatique comprenant, en outre, au moins un module électronique et un arbre auquel le piston de ladite au moins une unité motrice est relié au moins au travers d'une bielle, dispositif de moteur pneumatique caractérisé en ce que ledit au moins un module électronique
5 comprend des moyens de calcul qui, en exécution d'un programme de fonctionnement ou de pilotage, sont aptes à, d'une part, déterminer, pour ladite au moins une unité motrice, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection, afin que l'injection de fluide gazeux
10 dans la chambre de détente débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI, et, d'autre part, à calculer, pour ladite au moins une unité motrice, et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection en fonction d'une vitesse effective,
15 comme la vitesse de rotation de l'arbre ou d'un élément entraîné par cet arbre, et/ou d'une consigne.

L'invention a également pour objet un procédé de fonctionnement d'un dispositif de moteur pneumatique tel que décrit précédemment et comprenant au moins l'étape consistant à injecter un
20 fluide gazeux, préférentiellement de l'air, sous pression à travers au moins un organe piloté d'injection de la au moins une unité motrice, procédé caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, des étapes préalables à l'étape d'injection de fluide gazeux, et consistant à, d'une part, déterminer, pour ladite au moins une unité motrice, et au moins une fois par cycle de
25 déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection, afin que l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI, et, d'autre part, à calculer, pour ladite au moins une unité motrice, et
30 au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection en fonction d'une vitesse effective, comme la vitesse de rotation de l'arbre ou d'un élément entraîné par cet arbre, et/ou d'une consigne.

L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à des modes de réalisation préférés, donnés à titre
35 d'exemples non limitatifs, et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

- 4 -

- la figure 1 est une représentation schématique, entre autres, d'une unité motrice, comprenant un cylindre muni d'une lumière d'échappement, un organe piloté d'injection de fluide gazeux, un organe piloté d'échappement, et faisant partie d'un dispositif de moteur
5 pneumatique selon l'invention ;

- la figure 2 est une représentation schématique d'une architecture possible du dispositif de moteur pneumatique avec trois unités motrices alignées selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 3 est un schéma synoptique du fonctionnement du
10 procédé selon l'invention ;

- la figure 4 illustre l'enchaînement des phases pour un cycle de rotation de l'arbre du moteur en accord avec le procédé selon l'invention ;

- la figure 5 est une représentation schématique simplifiée montrant un exemple de configuration de trois cylindres en étoiles, formant
15 partiellement un dispositif de moteur pneumatique selon un autre mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 6 est un chronogramme de l'évolution, dans le temps, de la position des pistons d'une configuration à trois unités motrices, et de l'envoi des commandes d'ouverture des organes d'injection, et

- la figure 7 montre un détail du dispositif de moteur
20 pneumatique selon l'invention, comprenant un capteur d'angle absolu.

Ainsi, l'invention porte sur un dispositif de moteur pneumatique, comprenant au moins une unité motrice 2, essentiellement constituée d'un cylindre 3 définissant partiellement une chambre de détente
25 4 de fluide gazeux, préférentiellement d'air, d'un piston 5 évoluant dans ce cylindre 3 selon un cycle de déplacement linéaire alternatif avec un point mort haut, dit PMH, et un point mort bas, dit PMB, d'au moins un organe piloté d'injection 6 pour le contrôle de l'injection de fluide gazeux, préférentiellement d'air, dans la chambre de détente 4, et d'au moins un
30 moyen d'échappement apte à permettre l'échappement du fluide gazeux, préférentiellement de l'air, hors de cette chambre. Le dispositif comprend, en outre, au moins un module électronique 7 et un arbre 8 auquel le piston 5 de ladite au moins une unité motrice 2 est relié au moins au travers d'une bielle 9. Il est possible de décomposer un cycle de déplacement d'un piston
35 5 de la façon suivante : le début du cycle pour un piston 5 est lorsqu'il se trouve à une position de départ particulière, comme, par exemple, son point mort haut, voir figure 4, c'est-à-dire sa position la plus haute dans le

- 5 -

cylindre 3, ce qui correspond aussi à celle où le volume de la chambre de détente 4 est le plus petit ; suit l'étape qui consiste à injecter du fluide gazeux sous pression dans la chambre de détente 4, ce qui provoque, grâce à l'hermétisme de la chambre de détente 4, le déplacement du piston 5 vers, et éventuellement jusqu'à son point mort bas, c'est-à-dire sa position la plus basse dans le cylindre 3, ce qui correspond aussi à celle où le volume de la chambre de détente 4 est le plus grand ; suit l'étape qui consiste à laisser s'échapper le fluide gazeux de la chambre de détente 4, ce qui lui permet de réduire son volume sans devoir fournir de travail tel que celui de la compression du fluide gazeux qui y serait enfermé si elle était totalement hermétique, et qui aboutit au retour du piston 5 à sa position de départ pour un autre cycle. Le retour vers le point mort haut peut être assuré, par exemple, par une roue d'inertie liée à l'arbre 8, par un autre piston 5, ou par l'inertie de l'appareil entraîné par l'arbre 8. Dans la figure 6, le cycle représenté débute lorsque le piston 5 (figure 1) passe par une position particulière précédant son point mort haut PMH. Le fluide gazeux sous pression provient d'un réservoir 17, au travers d'un détendeur 16.

L'homme du métier comprend à la lecture de la présente description que le dispositif de moteur pneumatique selon l'invention peut fonctionner avec différents types de fluides gazeux (tel que par exemple de l'azote) mais que le fluide gazeux préféré demeure l'air, notamment pour des raisons de commodité et de coût. Dans ce qui suit le terme "air" doit être compris comme pouvant signifier "tout fluide gazeux".

Comme cela ressort de la description qui précède, chaque cylindre 3 peut être pourvu d'un unique organe piloté d'injection 6 (injection simple) ou de plusieurs tels organes (multi-injection). Dans ce qui suit, la description s'effectuera plus particulièrement en relation avec un organe piloté d'injection 6 en relation avec les figures, sans que toutefois l'invention ne soit limitée à ce mode de réalisation.

Le au moins un module électronique 7 comprend des moyens de calcul qui, en exécution d'un programme de fonctionnement ou de pilotage, sont aptes à, d'une part, déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6, afin que l'injection d'air dans la chambre de détente 4 débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston 5 se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI. La position de référence d'injection PRI,

- 6 -

peut, par exemple, être le point mort haut du piston 5. Préférentiellement, le au moins un module électronique 7 se présente sous la forme d'une carte électronique 7. Idéalement, afin d'optimiser la puissance apportée par l'air injecté et donc de réduire la consommation du dispositif de moteur pneumatique 1 en air comprimé, il est utile d'injecter l'air dans la chambre de détente 4 alors que le piston 5 est à une position optimale bien précise de son cycle. Dans un fonctionnement souhaité optimal, la position optimale d'injection est utilisée comme position de référence d'injection PRI. La position optimale d'injection peut éventuellement changer en fonction du régime. Il peut s'agir du point mort haut, ou d'un décalage de quelques degrés autour du point mort haut, voir figures 4 et 6. Néanmoins, compte tenu de la précision requise pour débiter l'injection au moment exact où le piston 5 se trouve à la position de référence d'injection PRI, ainsi que des vitesses possibles de déplacement du piston 5, le temps qui s'écoule entre l'envoi de la commande d'ouverture et l'arrivée de l'air dans la chambre de détente 4 représente une durée, dite durée de latence, qui ne peut pas être négligée. Cette durée de latence peut tenir compte de la durée de la circulation de la commande d'ouverture, d'éventuelles phases de calcul, du délai de réponse de l'organe piloté d'injection 6, de l'inertie de ce dernier, ou encore de la durée de la détente de l'air dans la chambre de détente 4, qui est la même quelle que soit la vitesse de rotation de l'arbre 8, etc. Il est ainsi judicieux d'envoyer la commande d'ouverture avant que le piston 5 ne se trouve à la position de référence d'injection, afin de tenir compte de la durée de latence pour que l'air soit injecté au moment voulu. Cette durée de latence peut être évaluée grâce à des tests sur le dispositif une fois monté, et paramétrée au niveau de la carte électronique 7. La durée de latence étant sensiblement la même quel que soit le régime du dispositif de moteur pneumatique 1, les moyens de calcul doivent calculer, compte tenu d'une estimation de la vitesse de l'arbre 8, à quel angle, dit angle de latence, correspond cette durée de latence. Cet angle de latence correspond à l'amplitude de la rotation que l'arbre 8 est susceptible d'effectuer pendant la durée de latence. Cet angle de latence correspond alors sensiblement, sauf modification brutale de la vitesse de rotation de l'arbre 8, au déphasage angulaire à prévoir, d'une part, entre la position de l'arbre 8 lorsque la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 est envoyée, et, d'autre part, la position de l'arbre 8 lorsque le piston 5 se trouve dans la position de référence d'injection PRI. Garantir que l'injection d'air

- 7 -

comprimé débute lorsque le piston 5 se trouve à la position optimale d'injection, ce qui signifie que la position de référence d'injection est la position optimale d'injection, permet de réduire la consommation en air comprimé.

5 Ces moyens de calcul sont, en outre, aptes à calculer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 en fonction d'une vitesse effective, comme la vitesse de rotation de l'arbre 8 ou d'un élément entraîné par cet arbre 8, et/ou d'une consigne. La consigne
10 peut représenter directement le temps d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6. Cela s'apparente alors à une consigne similaire à un accélérateur, pour une automobile. La consigne peut aussi représenter la puissance effective à fournir, ce qui laisse alors aux moyens de calcul de la carte électronique 7 le soin de déterminer, au régime de fonctionnement du
15 dispositif, quelle est la durée de l'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 qui correspond à la puissance souhaitée. La consigne peut aussi être celle d'une vitesse de rotation de l'arbre 8, ou d'un organe qui lui est lié, ce qui correspond, par exemple, à une consigne de vitesse de déplacement pour un véhicule. La consigne peut aussi intégrer la gestion de l'autonomie du
20 véhicule, et permettre à l'utilisateur de gérer l'équilibre entre énergie consommée et puissance disponible. Une telle consigne peut lui permettre, par exemple, de réduire sa consommation d'énergie lorsque le régime est sensiblement stabilisé ou de limiter l'accélération de sorte à limiter la consommation d'air. Le dispositif comporte donc aussi un moyen de
25 contrôle, et éventuellement d'asservissement avec boucle de retour, utilisant comme variable influencée, une consigne, comme par exemple l'une de celles citées, qui est éventuellement mesurée, ou calculée, comme c'est le cas pour la vitesse de l'arbre 8, et ayant, comme variable d'action, la durée d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 et/ou l'instant d'émission de sa
30 commande d'ouverture. Dans le cas d'un asservissement avec boucle de retour, les moyens de calcul sont préprogrammés pour agir sur les variables d'action de façon cohérente avec l'écart entre la valeur de la consigne et la valeur effective. Par exemple, si la consigne est une consigne de vitesse, et que la valeur de la vitesse effective est inférieure à celle de la consigne, alors le temps d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 d'air de la au
35 moins une unité motrice 2 sera rallongé ; si la vitesse effective est supérieure à la consigne, le temps d'ouverture sera raccourci. Le pilotage et

- 8 -

l'adaptation du temps d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6, sur la base d'une vitesse, permet aussi de réduire la consommation du dispositif en air comprimé. Dans la figure 3, la consigne est celle d'une vitesse de l'arbre, et les variables d'action sont la durée d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 et l'instant d'émission de sa commande d'ouverture.

Plus précisément, les moyens de calcul sont aptes à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre 8 à partir de la variation, dans le temps, de la position angulaire de l'arbre 8 et à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, au moins une fois par cycle, et au moins sur la base d'une vitesse de rotation de l'arbre 8, la position angulaire de l'arbre 8 à laquelle la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 doit être envoyée. Le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend, en outre, un dispositif de mesure de la position angulaire de l'arbre 14 ou 10, 11. Ainsi, dans une première version, le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend un capteur d'angle absolu 14, apte à mesurer une position angulaire absolue de rotation de l'arbre 8, et ce, en continu ou à intervalle régulier. Dans une deuxième version, le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend un ensemble formé d'un capteur d'angle relatif 10, apte à mesurer une position angulaire relative de rotation de l'arbre 8, et ce, en continu ou à intervalle régulier, et d'un détecteur de position 11, apte à détecter, au moins une fois par cycle, directement ou indirectement, que le piston 5 de la ou d'une des unités motrices 2 est à une position de référence, comme par exemple son point mort haut. Sans référence de montage par rapport à l'arbre 8, le capteur d'angle relatif 10 ne peut envoyer qu'une information représentative d'un angle relatif, c'est-à-dire sans référence par rapport à une partie fixe. Le capteur d'angle relatif 10 peut néanmoins être tel qu'une fois monté, le signal envoyé correspond à une position angulaire absolue. Pour cela, il suffit que le capteur d'angle relatif 10 puisse être monté avec une précision suffisante par rapport à l'arbre 8, et que le signal qu'il envoie ne soit pas simplement une impulsion, mais qu'il soit représentatif de l'angle par rapport à une partie fixe du capteur d'angle relatif 10. Dans une disposition possible, le capteur d'angle relatif 10 est un capteur qui envoie une impulsion chaque fois que l'angle parcourt une amplitude angulaire supplémentaire. Le détecteur de position 11, quant à lui, est déclenché lorsque l'arbre 8 est dans une position angulaire particulière, ce qui correspond généralement au début d'un cycle. Cette position angulaire peut

- 9 -

correspondre, si le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend une seule unité motrice 2, à celle où le piston 5 de l'unité motrice 2 se trouve à un point de référence, ou, si le dispositif comprend plusieurs unités motrices 2, à celle où le piston 5 d'une unité motrice 2 choisie arbitrairement se trouve
 5 à une position de référence. Cette position de référence peut être le point mort haut du piston 5 de l'unité motrice 2 concernée. Si le dispositif de moteur pneumatique 1 comporte un capteur d'angle absolu 14, la position angulaire de l'arbre 8 est connue à chaque instant, et de façon absolue. Le début du cycle est alors choisi comme un angle absolu particulier, par
 10 exemple un angle nul, ce qui peut correspondre, ou non, au point mort haut du piston 5 de la au moins une unité motrice 2 du dispositif de moteur pneumatique 1.

Lorsque le dispositif de moteur pneumatique 1 comporte une seule unité motrice 2, il est aisé de déterminer la relation entre la position
 15 angulaire de l'arbre 8 et la position du piston 5. Dans la figure 6, le décalage angulaire au niveau de l'arbre 8, pour le piston 5 P1, entre le début du cycle et son point mort haut, lui-même défini, soit par le détecteur de position 11, soit par le capteur d'angle absolu 14, correspond à un angle nommé PMH1. Cette valeur dépend du montage du dispositif et est
 20 spécifiée à la carte électronique 7. Lorsque le dispositif comporte plusieurs unités motrices 2, il convient de déterminer le déphasage angulaire entre chaque piston 5 et un piston 5 de référence, choisi arbitrairement : ce déphasage angulaire d'un piston 5 particulier par rapport au piston 5 de référence correspond à l'amplitude de la rotation que l'arbre 8 doit
 25 effectuer, à partir d'une position où le piston 5 de référence se trouve, par exemple, à son point mort haut, pour que le piston 5 particulier arrive dans cette même position. Ainsi, en connaissant la position du piston 5 de référence par rapport au début du cycle, il est possible, à tout instant, de connaître la position de n'importe quel autre piston 5.

30 Le calcul de la vitesse de rotation de l'arbre 8 peut alors se faire de la façon suivante. Un capteur d'angle relatif 10 classique informe périodiquement les moyens de calcul de la position angulaire relative de l'arbre 8 : chaque nouvelle impulsion envoyée par ce capteur d'angle relatif 10 correspond à un trajet angulaire effectuée par l'arbre 8. Le capteur
 35 d'angle relatif 10 peut ainsi envoyer vingt, cent, ou plus, impulsions par tour. La durée qui sépare l'envoi de deux impulsions peut donc être exploitée afin de déterminer la vitesse moyenne de rotation de l'arbre 8

- 10 -

entre deux, ou plus, impulsions grâce à la connaissance de l'amplitude angulaire correspondant à l'écart entre deux impulsions. Dans le cas d'une mesure continue, le calcul de la vitesse se fait par simple dérivation. La vitesse de rotation de l'arbre 8, utilisée pour déterminer la position angulaire de l'arbre 8 à laquelle l'ordre d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 doit être envoyé, peut correspondre à la vitesse moyenne calculée lors d'un cycle de déplacement précédent complet, la vitesse moyenne calculée depuis le dernier déclenchement du détecteur de position 11, une vitesse moyenne réactualisée à des intervalles prédéfinis, ou encore la vitesse moyenne sur une plage angulaire glissante. Les moyens de calcul utilisent cette vitesse angulaire de l'arbre 8 pour convertir la durée de latence en angle de latence. La commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 est ainsi envoyée lorsque le piston 5 de la même unité motrice 2 se trouve dans une position telle qu'il reste, pour l'arbre 8, à parcourir une rotation d'amplitude correspondant à cet angle de latence pour que le piston 5 se trouve dans la position de référence d'injection. Il suffit donc de connaître, d'une part, la position angulaire de l'arbre 8 correspondant à la position de référence d'injection du piston 5 et, d'autre part, l'angle de latence correspondant à la durée de latence, pour déterminer la position angulaire de l'arbre 8 à laquelle la commande d'ouverture doit être envoyée. La mesure, tout au long du cycle, de la position angulaire de l'arbre 8 permet d'envoyer la commande d'ouverture dès que l'arbre 8 atteint la position angulaire à laquelle l'ordre doit être envoyé.

La carte électronique 7 comporte, entre autres, un processeur et une mémoire, ce qui lui permet de réaliser les différents traitements et calculs à partir des informations mesurées ou détectées. La mémoire stocke un programme qui définit les étapes du calcul de façon appropriée.

Dans une réalisation particulière de l'invention, ladite au moins une unité motrice 2 comprend un unique moyen d'échappement d'air 12 ou 13, autorisant un échappement pendant une partie prédéterminée du cycle de déplacement du piston 5, et choisi dans le groupe formé d'une lumière 12, aménagée dans le cylindre 3 et d'au moins un organe piloté d'échappement 13. L'éventuelle lumière 12 est aménagée dans une paroi du cylindre 3, de telle sorte que, d'une part, elle est obturée par le piston 5 durant au moins une partie de son déplacement du point mort haut vers le point mort bas, par exemple, la partie du déplacement pendant laquelle le décalage angulaire de l'arbre 8, par rapport à sa position lorsque le piston 5

- 11 -

concerné est au point mort haut, vaut sensiblement entre 0 et 170 degrés, et, d'autre part, elle communique avec la chambre de détente 4 durant au moins une deuxième partie du déplacement du piston 5 lors de laquelle ce dernier passe sensiblement par le point mort bas, par exemple, la partie du déplacement pendant laquelle le décalage angulaire de l'arbre 8, par rapport à sa position lorsque le piston 5 concerné est au point mort haut, vaut entre 170 et 190 degrés, permettant ainsi l'échappement d'air pendant une partie du déplacement du piston 5. L'éventuel au moins un organe piloté d'échappement 13 permet un contrôle de l'échappement ainsi qu'un réglage éventuellement adapté aux conditions de fonctionnement du dispositif de moteur pneumatique 1, en termes d'instant et de durée d'ouverture. Cet organe est, préférentiellement, localisé de sorte qu'il communique encore avec la chambre de détente 4, même lorsque celle-ci est à son volume minimal.

Dans une alternative de conception, ladite au moins une unité motrice 2 comprend deux moyens d'échappements 12,13 ou 13,13, d'une part, un premier moyen d'échappement autorisant un premier échappement pendant une première partie du cycle de déplacement du piston 5 et choisi dans le groupe formé d'une lumière 12 aménagée dans le cylindre 3 et d'au moins un organe piloté d'échappement 13, et, d'autre part, un deuxième moyen d'échappement, destiné à réaliser, le cas échéant, un deuxième échappement d'air pendant au moins une deuxième partie du cycle de déplacement du piston 5, et consistant en au moins un organe piloté d'échappement 13. Pour le premier moyen d'échappement, l'éventuelle lumière 12 d'échappement consiste en une ouverture pratiquée dans le cylindre 3 et ne peut pas être ouverte durant tout le déplacement du piston 5 de son point mort bas vers son point mort haut, ce qui signifierait, en effet, que la chambre de détente 4 n'est pas non plus hermétique lorsque le piston 5 va de son point mort haut à son point mort bas, faisant ainsi chuter l'efficacité du dispositif puisque l'air sous pression passerait directement dans les tuyères d'échappement. De ce fait, lors de son passage du point mort bas vers le point mort haut, le piston 5 comprime de l'air dans la chambre de détente 4, ce qui revient, selon la conception du dispositif, à freiner l'arbre 8 ou à consommer une partie de la puissance produite par une autre unité motrice 2 ou par une roue d'inertie. Afin d'éviter ce problème, il est judicieux d'aménager au moins un organe piloté d'échappement 13 pour permettre l'échappement de l'air contenu dans la chambre de détente 4

- 12 -

lorsque, pendant la remontée du piston 5 de son point mort bas vers son point mort haut, la lumière 12 est obturée. Il est envisageable que l'unité motrice 2 comporte au moins deux organes pilotés d'échappement 13, disposés éventuellement à deux endroits différents, et ayant éventuellement des capacités différentes, ce qui permet d'optimiser le contrôle de l'échappement. Chacun des organes pilotés d'échappement 13 peut être contrôlé indépendamment en termes d'instant et de durée d'ouverture. La figure 1 représente, de manière non limitative, une unité motrice 2 comportant une lumière 12 d'échappement et un organe piloté d'échappement 13.

Dans les deux alternatives de conception précédemment citées, ledit au moins un module électronique 7 comprend des moyens de calcul qui, en exécution d'un programme de fonctionnement ou de pilotage, sont aptes à déterminer, au moins pour chaque cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture du ou dudit au moins un organe piloté d'échappement 13 de la au moins une unité motrice 2, pour que l'échappement d'air qu'il permet débute à un instant ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston 5 se trouve dans une position de référence d'échappement, dite PRE. La position de référence d'échappement PRE peut être, par exemple, le point mort bas PMB du piston 5. La détermination de l'instant d'émission de la commande d'ouverture de l'échappement est réalisée de la même façon que pour l'injection. Si l'unité motrice 2 comporte deux organes pilotés d'échappement 13, chacun d'eux peut s'ouvrir lorsque le piston 5 se trouve à une position de référence d'échappement différente. La durée de latence peut être différente de l'un à l'autre. La figure 4 montre un cycle dans lequel deux échappements de durée différente ont lieu, à partir de deux positions de référence d'échappement différentes. Dans le cas d'une lumière 12 d'échappement, c'est la configuration même de la lumière 12, en termes de dimensions et de position par rapport au piston 5, qui détermine la position de référence d'échappement PRE, ainsi que la durée de l'échappement provoqué.

Le dispositif de moteur pneumatique 1 peut ne comprendre qu'une seule unité motrice 2. Dans ce cas, l'arbre 8 peut être relié à une roue d'inertie. Il est aussi envisageable que le dispositif de moteur pneumatique 1 comprenne au moins deux unités motrices 2 et une rampe commune 15 apte à alimenter tous les organes pilotés d'injection 6 en air pressurisé. Une configuration possible est, par exemple, voir figure 2, des

- 13 -

cylindres 3 parallèles avec des pistons 5 liés à un même arbre 8, ou des cylindres 3 disposés en étoile autour d'un même arbre 8, ou des cylindres 3 disposés dans des plans non parallèles et se coupant sensiblement au niveau de l'axe de l'arbre 8. Dans une autre configuration possible, le dispositif
5 comprend trois unités motrices 2 dont les cylindres 3 sont arrangés circulairement et décalés d'un angle d'environ 120° l'un par rapport à l'autre autour de l'axe de l'arbre 8.

L'invention porte aussi sur un procédé de fonctionnement d'un dispositif de moteur pneumatique 1 tel que décrit et comprenant au moins
10 l'étape consistant à injecter de l'air sous pression à travers le au moins un organe piloté d'injection 6 de la au moins une unité motrice 2. Une étape supplémentaire du procédé consiste à mesurer, en continu ou à intervalle régulier au cours du cycle de déplacement, une position angulaire de l'arbre 8, et ce de façon, soit à mesurer une position angulaire relative de rotation
15 de l'arbre 8, et ce, en continu ou à intervalle régulier, et à détecter, au moins une fois par cycle, directement ou indirectement, que le piston 5 de la ou d'une des unités motrices 2 est à une position de référence, comme par exemple son point mort haut, soit à mesurer une position angulaire absolue de rotation de l'arbre 8, et ce en continu ou à intervalle régulier. Le procédé
20 selon l'invention comprend, en outre, l'étape consistant à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre 8 à partir de la variation, dans le temps, de la position angulaire de l'arbre 8. De plus, l'étape consistant à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant
25 d'émission de la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6, consiste à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, au moins une fois par cycle, et au moins sur la base d'une vitesse de rotation de l'arbre 8, la position angulaire de l'arbre 8 à laquelle la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection 6 doit être envoyée.
30 L'étape de calcul de cette vitesse peut, par exemple, consister à déterminer la vitesse moyenne de rotation de l'arbre 8 depuis le début du cycle, défini par le dernier déclenchement du détecteur de position 11 ou par une valeur du capteur d'angle absolu 14, ou déterminer la vitesse moyenne de l'arbre 8 pendant un cycle, ou encore à calculer la vitesse moyenne de l'arbre 8 pour
35 une plage angulaire prédéterminée, en comptabilisant le temps écoulé depuis que l'arbre 8 est passé par une position décalée d'un angle fixe, par exemple un tiers de tour ou un tour complet, par rapport à sa valeur

- 14 -

actuelle. Le calcul de la vitesse peut être réalisé de la façon suivante. Le capteur d'angle relatif 10 peut, par exemple, envoyer une impulsion à chaque fois que l'arbre 8 effectue une rotation d'une amplitude prédéterminée. Un calculateur comptabilise les impulsions qui lui ont été
 5 envoyées, depuis sa remise à zéro au début du cycle. Le déclenchement du détecteur de position 11, définissant le début du cycle, le cas échéant, se fait lorsque l'arbre 8 est dans une position précise. La combinaison avec une fonction d'horloge permet ensuite de convertir la fréquence de réception des signaux en vitesse de rotation angulaire.

10 Ce procédé comprend aussi des étapes préalables à l'étape d'injection d'air, et consistant à, d'une part, déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection 6, afin que l'injection d'air dans la chambre de détente 4
 15 débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston 5 se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI, et, d'autre part, à calculer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection 6 en fonction d'une vitesse effective, comme la vitesse de
 20 rotation de l'arbre 8 ou d'un élément entraîné par cet arbre 8, et/ou d'une consigne. Ce procédé comprend aussi une étape consistant à mesurer une position angulaire de l'arbre 8. Il comprend, en outre, une étape consistant à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre 8 à partir de la variation, dans le temps, de la position
 25 angulaire de l'arbre 8. De plus, l'étape consistant à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6, consiste à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, au moins une fois par cycle, et au moins sur la base d'une vitesse
 30 de rotation de l'arbre 8, la position angulaire de l'arbre 8 à laquelle la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection 6 doit être envoyée. Cet instant d'émission se matérialise par une position angulaire absolue de l'arbre 8. Cette étape nécessite tout d'abord de convertir la durée de latence en angle de latence, ce qui se fait par une
 35 opération qui consiste à diviser la vitesse de l'arbre 8 par la durée de latence, spécifiée au préalable à la carte électronique 7. Si le dispositif ne comporte qu'une seule unité motrice 2, l'angle, correspondant à la position

- 15 -

de l'arbre 8 dans laquelle l'ordre d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 de cette unité motrice 2 doit être envoyé, correspond alors à l'angle de latence ôté de l'angle de l'arbre 8 lorsque le piston 5 est à la position de référence d'injection. Si le dispositif comporte plusieurs unités motrices 2,

5 on tient compte du décalage angulaire entre les pistons 5, comme mentionné plus haut. La figure 6 illustre la succession des états, pour une configuration à trois unités motrices 2. Le piston 5 de référence, celui par rapport auquel le décalage angulaire des autres pistons 5 est déterminé, est nommé P1. Ce piston 5 de référence, P1, se trouve à son point mort haut,

10 PMH, lorsque l'arbre 8 a effectué une rotation d'angle nommé PMH1, après le début du cycle, lui-même défini, soit par un détecteur de position 11, soit par un capteur d'angle absolu 14. Le piston 5 P2 est décalé d'un angle $A2/1$, et le piston 5 P3 d'un angle $A3/1$, par rapport au piston 5 P1. L'ordre d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 de l'unité motrice 2 de P2 est

15 alors envoyé lorsque l'arbre 8 a effectué, depuis le début du cycle, une rotation d'amplitude correspondant à l'angle de latence ôté de la somme de $A2/1$, de PMH1 et de PRI2. PRI2 correspond à l'amplitude de la rotation que l'arbre 8 doit effectuer, après que le piston 5 P2 ait atteint son point mort haut, pour que ce piston 5 atteigne sa position de référence d'injection.

20 L'ordre d'ouverture de l'organe piloté d'injection 6 de l'unité motrice 2 de P3 est envoyé lorsque l'arbre 8 a effectué une rotation d'amplitude correspondant à l'angle de latence ôté de la somme de $A3/1$, PMH1 et PRI3. L'ordre pour l'organe piloté d'injection 6 de l'unité motrice 2 de P1 est envoyé lorsque l'arbre 8 a effectué une rotation d'amplitude

25 correspondant à l'angle de latence ôté de la somme d'un tour complet, de PMH1 et de PRI1. La définition de PRI2 est adaptée aux pistons P1 et P3 avant de définir PRI1 et PRI3. Dans cet exemple, la position de référence d'injection est définie pour chaque piston 5. L'angle de latence peut être calculé à chaque cycle, ou moins fréquemment. De même, lorsque le

30 dispositif comporte plusieurs unités motrices 2, il est possible de réaliser le calcul de l'angle de latence pour chaque unité motrice 2 séparément ou pour l'ensemble des unités motrices 2. Dans une alternative, le calcul de l'angle de latence est propre à chaque unité motrice 2, en tenant compte, pour chaque unité motrice 2, d'une vitesse différente de l'arbre 8, ce qui permet

35 un fonctionnement optimal même en grande accélération ou grande décélération.

- 16 -

Si le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend au moins un organe piloté d'échappement 13, le procédé comprend une étape consistant à ouvrir le au moins un organe piloté d'échappement 13 afin de laisser l'air s'échapper, et il comprend, en outre, une étape consistant à déterminer, au moins pour chaque cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture du ou dudit au moins un organe piloté d'échappement 13 de la au moins une unité motrice 2, pour que l'échappement d'air qu'il permet débute à un instant ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston 5 se trouve dans une position de référence d'échappement, dite PRE. Le calcul est similaire à celui expliqué dans le cas de l'injection, bien que l'angle de latence puisse être différent. Si la au moins une unité motrice 2 comporte un seul organe piloté d'échappement 13, sa commande d'ouverture sera envoyée lorsque l'arbre 8 est tel qu'il lui reste à parcourir une rotation d'amplitude correspondant à l'angle de latence pour que le piston 5 se trouve à la position de référence d'échappement. Cette position de référence d'échappement peut tenir compte de l'éventuelle lumière 12 d'échappement. Si la au moins une unité motrice 2 comporte deux organes pilotés d'échappement 13, chacun peut avoir une position de référence d'échappement, à laquelle il doit commencer à laisser l'air s'échapper, différente.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, et ce afin de tenir compte de la durée nécessaire aux étapes préalables à l'envoi de la commande d'ouverture de l'organe piloté d'injection, le procédé comprend, en outre, l'étape consistant à déterminer, pour la au moins une unité motrice 2 et afin que l'injection d'air dans la chambre de détente 4 débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston 5 se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI, l'instant de début de la ou des étapes préalables et nécessaires à l'étape consistant à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture de l'au moins un organe piloté d'injection 6, et/ou préalables à l'étape consistant à calculer, pour ladite au moins une unité motrice 2, et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection 6. Ces étapes préalables peuvent être, voir figure 3 : l'étape consistant à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre 8 à partir de la variation, dans le temps, de la position angulaire de l'arbre 8, ou l'étape consistant à convertir la durée de

- 17 -

latence en angle de latence, ou l'étape consistant à calculer la durée d'ouverture. Bien entendu, cela peut être adapté pour la gestion de l'échappement, si le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend au moins un organe piloté d'échappement 13.

5 Afin de gérer le démarrage du dispositif, le procédé comporte une étape initiale consistant à détecter, avant la mise en rotation de l'arbre 8, si le piston 5 de la ou d'une des unités motrices 2 est dans une plage de positions permettant le démarrage, par exemple entre le point mort haut et une position à égale distance après le point mort haut et avant le point mort
10 bas. Ainsi, le démarrage du dispositif de moteur pneumatique 1 peut se faire de la façon suivante. Si le dispositif comporte une seule unité motrice 2, il y a tout d'abord lieu de déterminer si le piston 5 se trouve dans une plage de positions permettant le démarrage, principalement soit avant, soit après le point mort bas de son cycle de déplacement. S'il se trouve avant le point
15 mort bas, il est possible de commander directement l'ouverture de l'organe ou des organes piloté(s) d'injection 6, ce qui aura pour effet de mettre le piston 5 en mouvement. Au démarrage, la position angulaire de l'arbre 8 est déterminée grâce au capteur d'angle absolu 14. La position du piston 5, si le dispositif ne comporte qu'une seule unité motrice 2, ou la position du piston
20 5 d'une des unités motrices 2 particulière, si le dispositif comporte plusieurs unités motrices 2, est donc connue par conséquence. Le décalage angulaire entre chaque piston 5 est alors utilisé pour déterminer la position des pistons 5 des éventuelles autres unités motrices 2, comme décrit plus haut. Si le dispositif comporte plusieurs unités motrices 2, il y a lieu d'en
25 identifier une dont le piston 5 est dans une plage de position permettant le démarrage, à savoir, prioritairement, entre le point mort haut et une position à égale distance après le point mort haut et avant le point mort bas, et, accessoirement, après cette même position et avant le point mort bas. C'est alors l'au moins un organe piloté d'injection 6 de cette unité motrice 2 qui
30 sera ouvert en premier, pour démarrer la rotation. Afin d'éviter un problème de démarrage insuffisant en charge si le piston 5 est trop proche de son point mort bas, ou de rotation en sens inverse si le piston 5 se trouve après son point mort bas mais avant le point mort haut du cycle suivant, il est possible d'informer l'utilisateur de la nécessité de faire tourner l'arbre 8
35 jusqu'à ce que le ou un piston 5 soit dans une plage de positions permettant le démarrage. Il est aussi envisageable de munir le dispositif d'un embrayage et d'un moyen de positionnement et/ou d'entraînement de

- 18 -

l'arbre 8, tel qu'un moteur d'appoint ou un moyen d'entraînement manuel, pour placer le piston 5 d'au moins une unité motrice 2 dans sa position optimale. Cette solution est aussi applicable si la position angulaire de l'arbre 8 ne peut être connue de façon absolue au démarrage. Un signal
5 pourra être envoyé à l'utilisateur si la charge par rapport à la puissance du dispositif est telle que l'arbre 8 est stoppé en rotation par la charge avant qu'il n'atteigne le début du cycle suivant, et ce, après la première ouverture de l'au moins un organe piloté d'injection 6 de la moins une unité motrice 2, ou lorsque le dispositif de moteur pneumatique 1 est en fonctionnement.
10 Il est aussi possible de disposer un embrayage entre le dispositif de moteur pneumatique 1 et l'organe entraîné afin d'éviter les difficultés du démarrage en charge. Dans le cas où le dispositif de moteur pneumatique 1 comprend plus d'une unité motrice 2, l'ouverture de l'organe ou des organes piloté(s) d'injection 6 de chaque unité motrice 2, autre que celle dont l'organe piloté
15 d'injection 6 a été ouvert en premier, peut être commandée, jusqu'à ce que l'arbre 8 atteigne le début du cycle suivant, après que l'arbre 8 ait parcouru une rotation d'angle correspondant au déphasage angulaire entre son piston 5 et le piston 5 de l'unité motrice 2 dont l'organe piloté d'injection 6 a été ouvert en premier. Il est envisageable, selon le mode de calcul de la vitesse
20 de rotation de l'arbre 8, que la durée de latence ne soit pas compensée pour les premiers cycles.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers
25 éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de moteur pneumatique (1) comprenant au moins une unité motrice (2), essentiellement constituée d'un cylindre (3) définissant partiellement une chambre de détente (4) de fluide gazeux, préférentiellement d'air, d'un piston (5) évoluant dans ce cylindre (3) selon
5 un cycle de déplacement linéaire alternatif avec un point mort haut, dit PMH, et un point mort bas, dit PMB, d'au moins un organe piloté d'injection (6) pour le contrôle de l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente (4), et d'au moins un moyen d'échappement apte à permettre l'échappement du fluide gazeux hors de cette chambre, ce
10 dispositif de moteur pneumatique (1) comprenant, en outre, au moins un module électronique (7) et un arbre (8) auquel le piston (5) de ladite au moins une unité motrice (2) est relié au moins au travers d'une bielle (9), dispositif de moteur pneumatique (1) caractérisé en ce que ledit au moins un module électronique (7) comprend des moyens de calcul qui, en
15 exécution d'un programme de fonctionnement ou de pilotage, sont aptes à, d'une part, déterminer, pour ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6), afin que l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente (4) débute à un
20 moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston (5) se trouve dans une position de référence d'injection, dite PRI, et, d'autre part, à calculer, pour ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6) en fonction d'une vitesse effective, comme la vitesse de
25 rotation de l'arbre (8) ou d'un élément entraîné par cet arbre (8), et/ou d'une consigne.

2. Dispositif de moteur pneumatique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de calcul sont aptes à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre (8) à
30 partir de la variation, dans le temps, de la position angulaire de l'arbre (8) et à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice (2), au moins une fois par cycle, et au moins sur la base d'une vitesse de rotation de l'arbre (8), la position angulaire de l'arbre (8) à laquelle la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6) doit être envoyée.

- 20 -

3. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un ensemble formé d'un capteur d'angle relatif (10), apte à mesurer une position angulaire relative de rotation de l'arbre (8), et ce, en continu ou à
5 intervalle régulier, et d'un détecteur de position (11), apte à détecter, au moins une fois par cycle, directement ou indirectement, que le piston (5) de la ou d'une des unités motrices (2) est à une position de référence, comme par exemple son point mort haut.

4. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque
10 des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un capteur d'angle absolu (14), apte à mesurer une position angulaire absolue de rotation de l'arbre (8), et ce en continu ou à intervalle régulier.

5. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite au moins une unité
15 motrice (2) comprend au moins un, préférentiellement un unique, moyen d'échappement de fluide gazeux (12 ; 13), autorisant un échappement pendant une partie prédéterminée du cycle de déplacement du piston (5), et choisi dans le groupe formé d'une lumière (12), aménagée dans le cylindre (3) et d'au moins un organe piloté d'échappement (13).

20 6. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite au moins une unité motrice (2) comprend au moins deux, préférentiellement deux, moyens d'échappement (12,13 ; 13,13), d'une part, un premier moyen d'échappement autorisant un premier échappement pendant une première
25 partie du cycle de déplacement du piston (5) et choisi dans le groupe formé d'une lumière (12) aménagée dans le cylindre (3) et d'au moins un organe piloté d'échappement (13), et, d'autre part, un deuxième moyen d'échappement, destiné à réaliser, le cas échéant, un deuxième échappement de fluide gazeux pendant au moins une deuxième partie du
30 cycle de déplacement du piston (5), et consistant en un organe piloté d'échappement (13).

7. Dispositif de moteur pneumatique selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit au moins un module électronique (7) comprend des moyens de calcul qui, en exécution d'un programme de
35 fonctionnement ou de pilotage, sont aptes à déterminer, au moins pour chaque cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture du ou dudit au moins un organe piloté d'échappement (13) de

- 21 -

la au moins une unité motrice (2), pour que l'échappement de fluide gazeux qu'il permet débute à un instant ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston (5) se trouve dans une position de référence d'échappement, dite PRE.

5 8. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux unités motrices (2) et une rampe commune (15) apte à alimenter tous les organes pilotés d'injection (6) en fluide gazeux pressurisé.

10 9. Dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend trois unités motrices (2) dont les cylindres (3) sont arrangés circulairement et décalés d'un angle d'environ 120° l'un par rapport à l'autre autour de l'axe de l'arbre (8).

15 10. Procédé de fonctionnement d'un dispositif de moteur pneumatique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 et comprenant au moins l'étape consistant à injecter un fluide gazeux, préférentiellement de l'air, sous pression à travers au moins un organe piloté d'injection (6) de la au moins une unité motrice (2), procédé caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, des étapes préalables à l'étape d'injection de fluide gazeux, et consistant à, d'une part, déterminer, pour
20 ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6), afin que l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente (4) débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston (5) se trouve dans une position de référence
25 d'injection, dite PRI, et, d'autre part, à calculer, pour ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6) en fonction d'une vitesse effective, comme la vitesse de rotation de l'arbre (8) ou d'un élément entraîné par cet arbre (8), et/ou d'une consigne.

30 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, une étape consistant à déterminer, au moins une fois par cycle de déplacement, une vitesse de rotation de l'arbre (8) à partir de la variation, dans le temps, de la position angulaire de l'arbre (8), et en ce que l'étape consistant à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice (2),
35 et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6), consiste à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice (2), au moins

- 22 -

une fois par cycle, et au moins sur la base d'une vitesse de rotation de l'arbre (8), la position angulaire de l'arbre (8) à laquelle la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6) doit être envoyée.

5 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, l'étape consistant à mesurer, en continu ou à intervalle régulier au cours du cycle de déplacement, une position angulaire de l'arbre (8), et ce de façon, soit à mesurer une position angulaire relative de rotation de l'arbre (8), et ce, en continu ou à intervalle
10 régulier, et à détecter, au moins une fois par cycle, directement ou indirectement, que le piston (5) de la ou d'une des unités motrices (2) est à une position de référence, comme par exemple son point mort haut, soit à mesurer une position angulaire absolue de rotation de l'arbre (8), et ce en continu ou à intervalle régulier.

15 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, apte à faire fonctionner un dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, une étape consistant à déterminer, au moins pour chaque cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture du ou dudit
20 au moins un organe piloté d'échappement (13) de la au moins une unité motrice (2), pour que l'échappement de fluide gazeux qu'il permet débute à un instant ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston (5) se trouve dans une position de référence d'échappement, dite PRE.

 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, apte à faire fonctionner un dispositif de moteur pneumatique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, pour autant qu'elle dépend de la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, une étape initiale consistant à détecter, avant la mise en rotation de l'arbre (8), si le piston (5) de la ou d'une des unités motrices (2) est dans une plage de
25 positions permettant le démarrage, par exemple entre le point mort haut et une position à égale distance après le point mort haut et avant le point mort bas.

 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, l'étape consistant à déterminer,
35 pour la au moins une unité motrice (2) et afin que l'injection de fluide gazeux dans la chambre de détente (4) débute à un moment ultérieur prédéterminé, lors duquel le piston (5) se trouve dans une position de

- 23 -

- référence d'injection, dite PRI, l'instant de début de la ou des étape(s) préalable(s) et nécessaire(s) à l'étape consistant à déterminer, pour ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, l'instant d'émission de la commande d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6), et/ou préalable(s) à l'étape consistant à calculer, pour ladite au moins une unité motrice (2), et au moins une fois par cycle de déplacement, la durée d'ouverture dudit au moins un organe piloté d'injection (6).
- 5

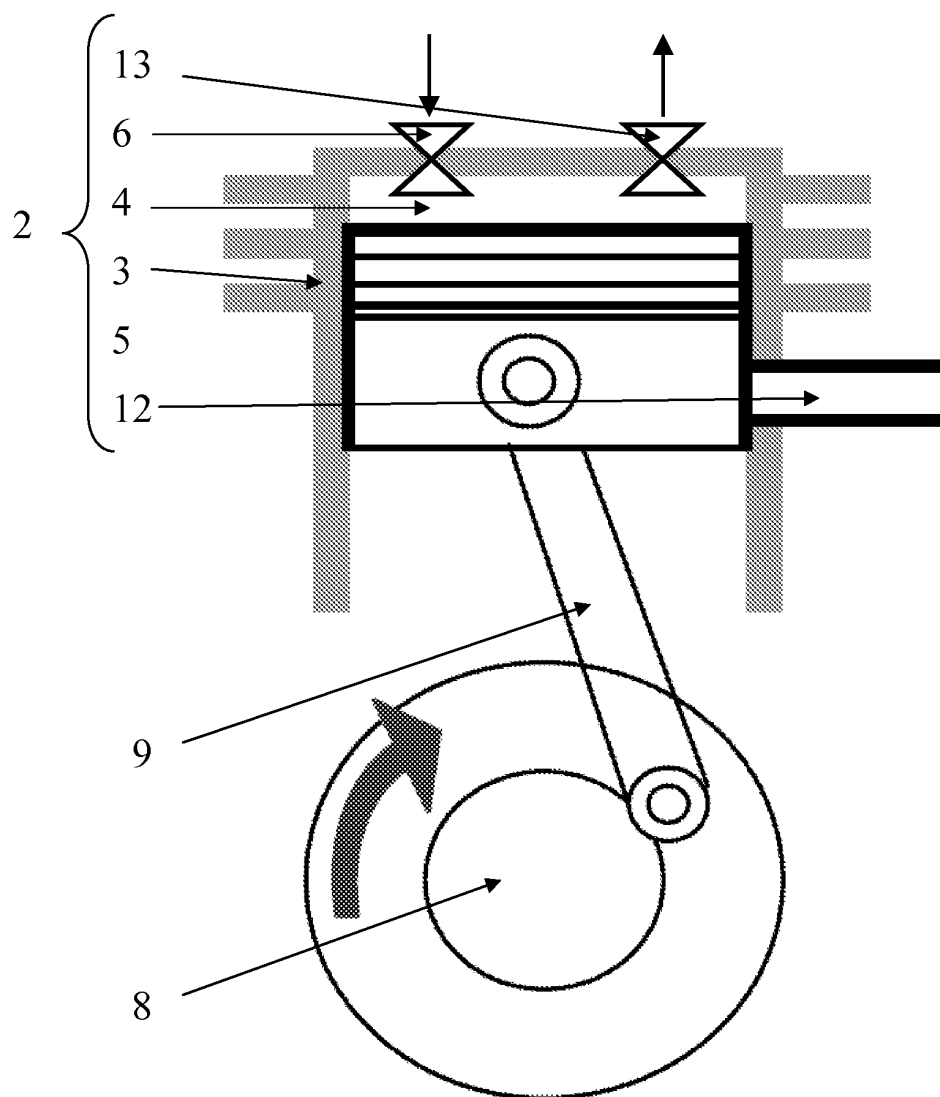


Fig. 1

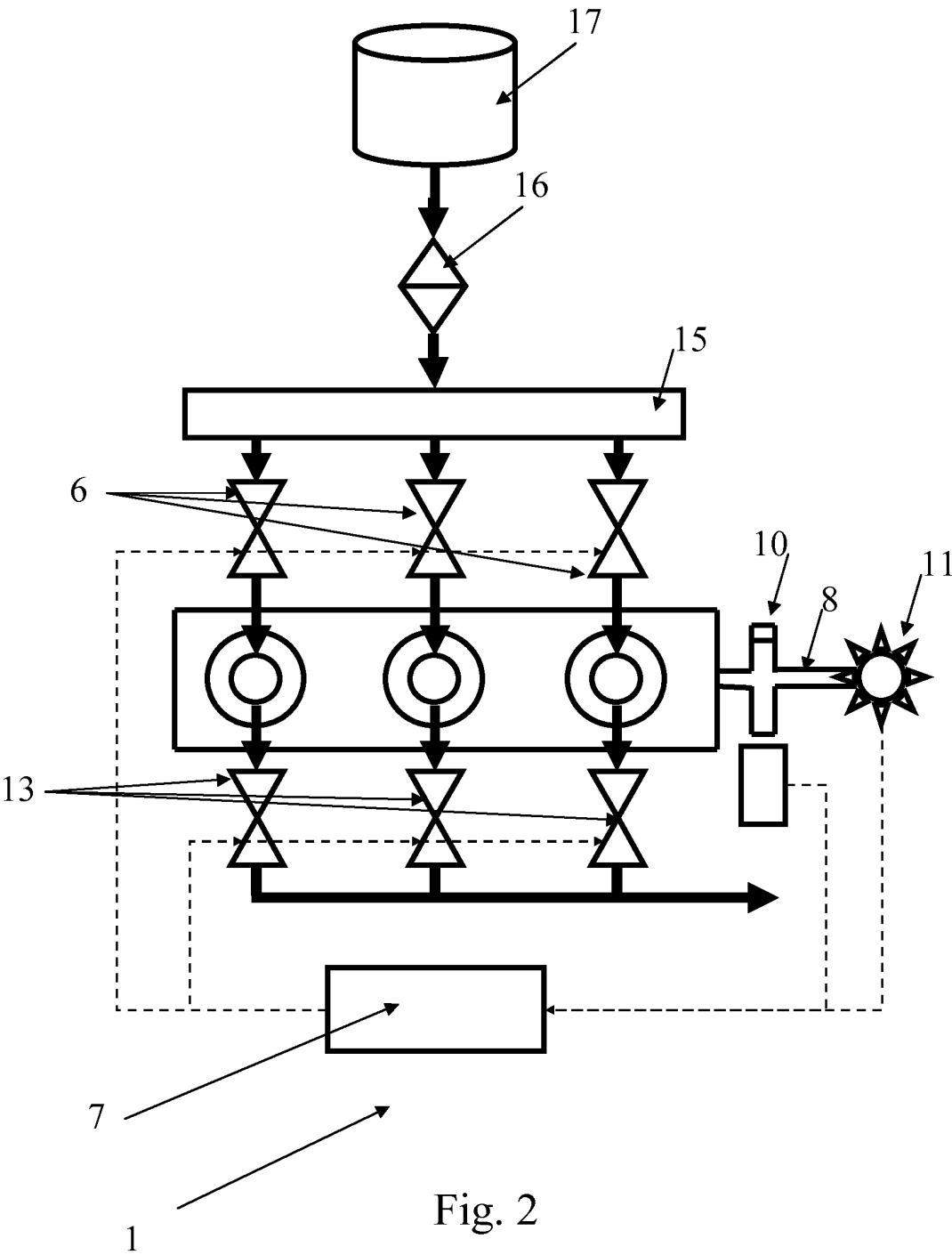


Fig. 2

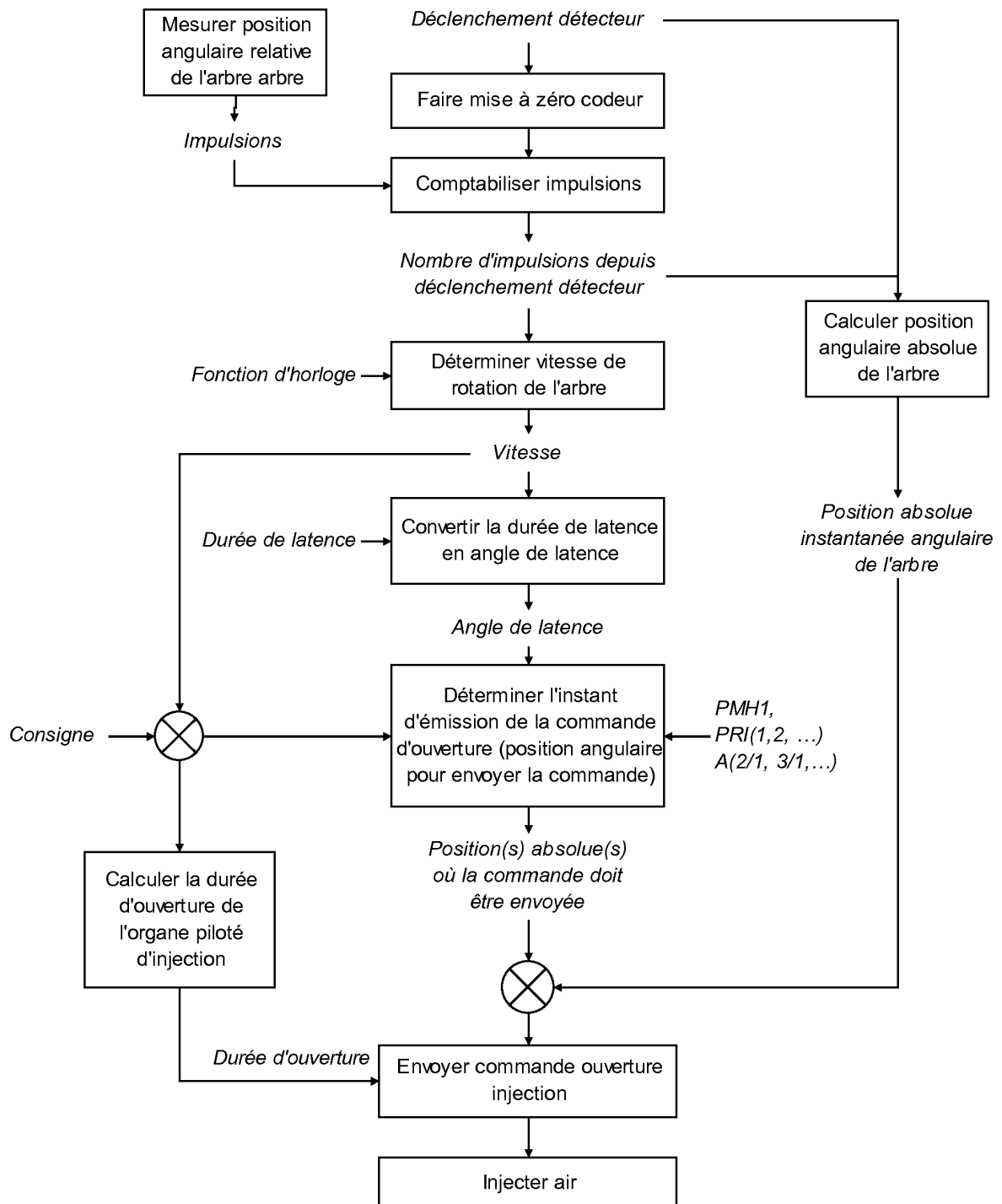


Fig. 3

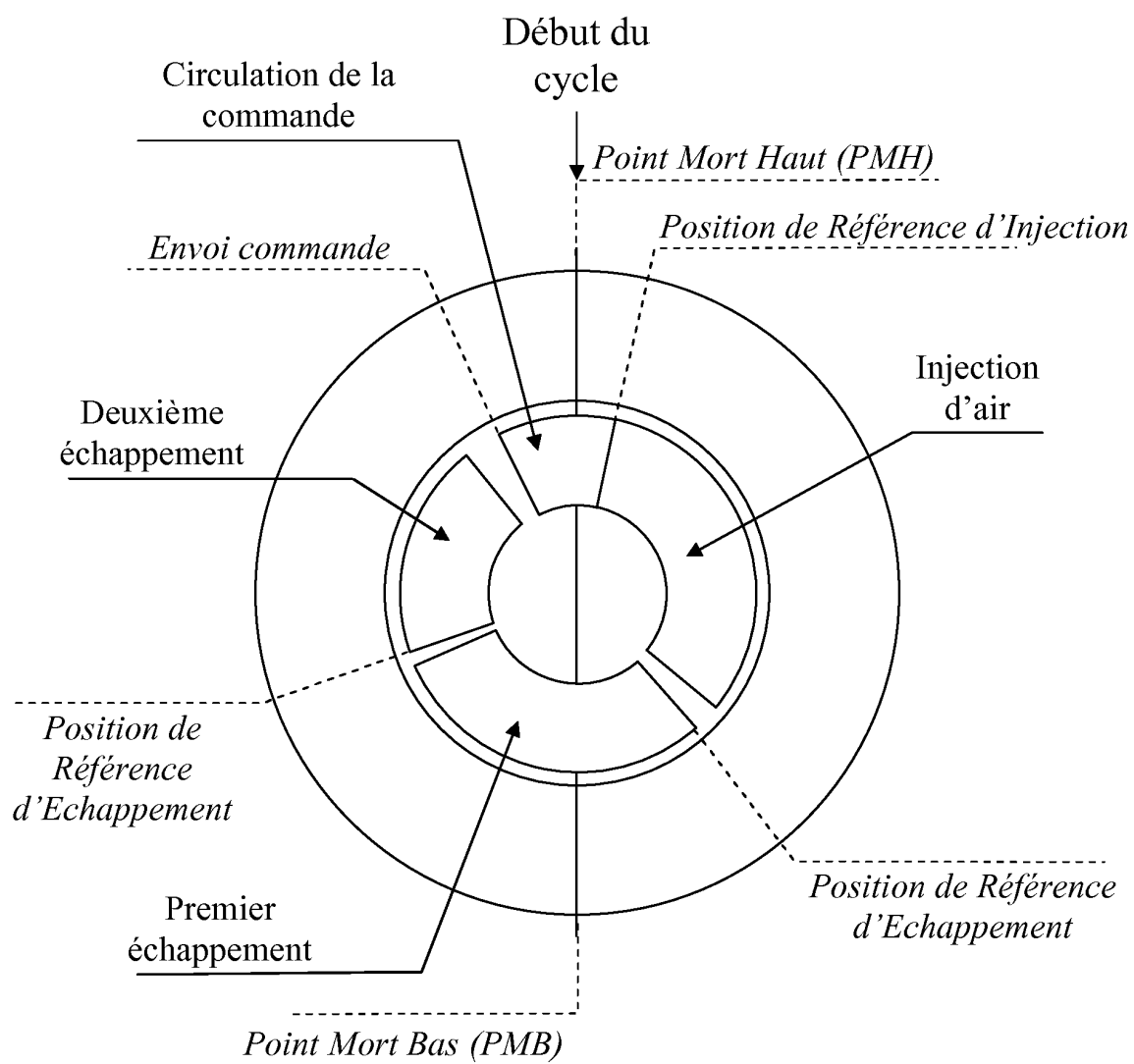


Fig. 4

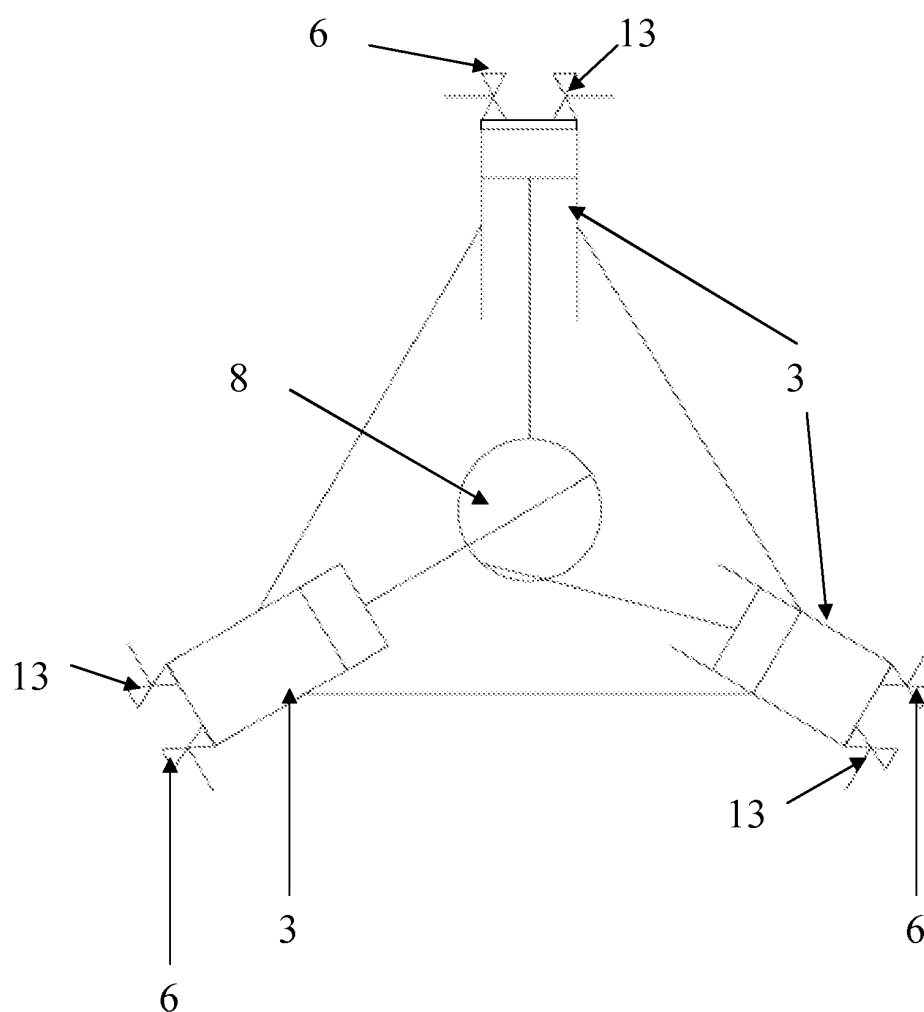


Fig. 5

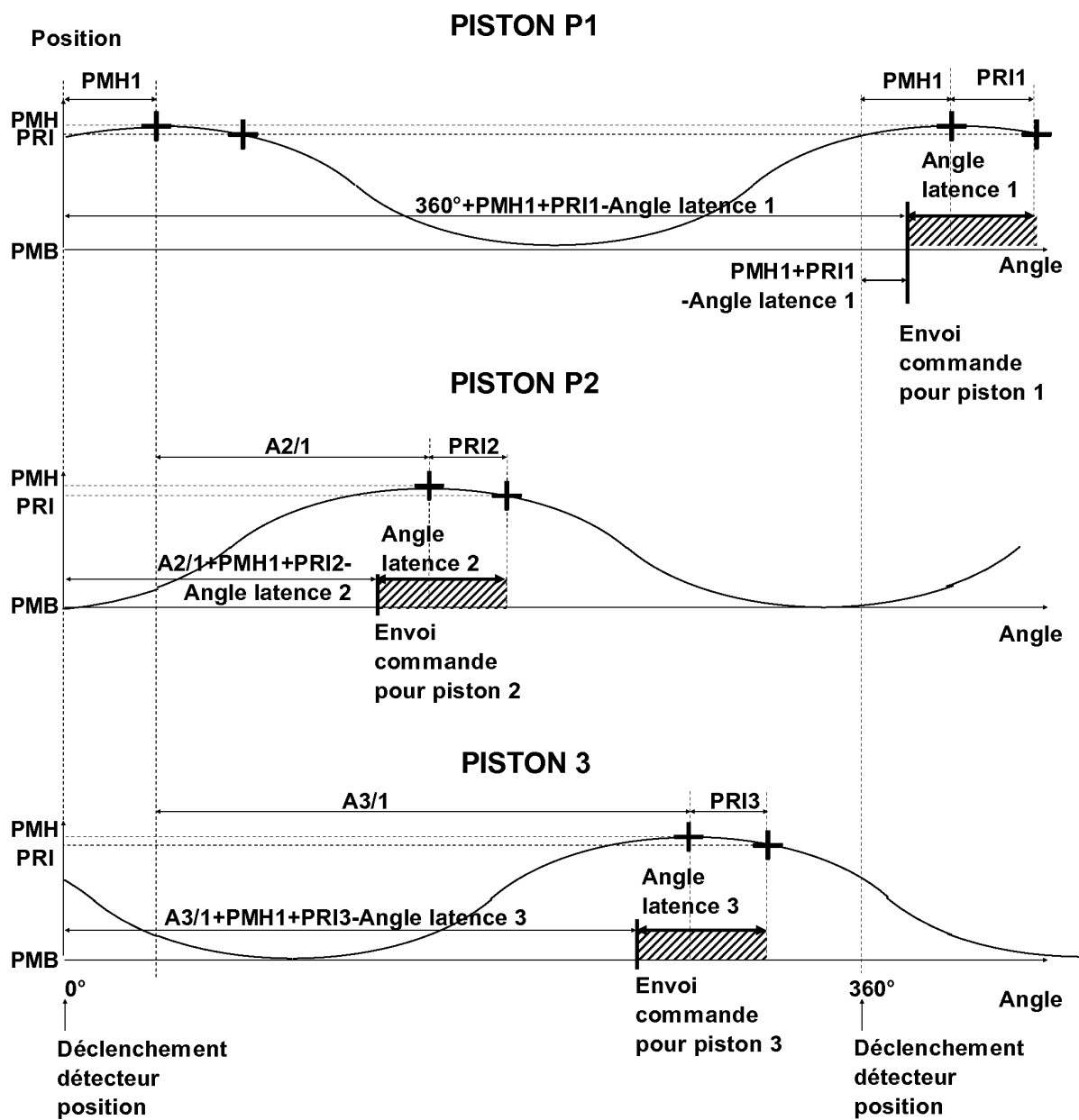


Fig. 6

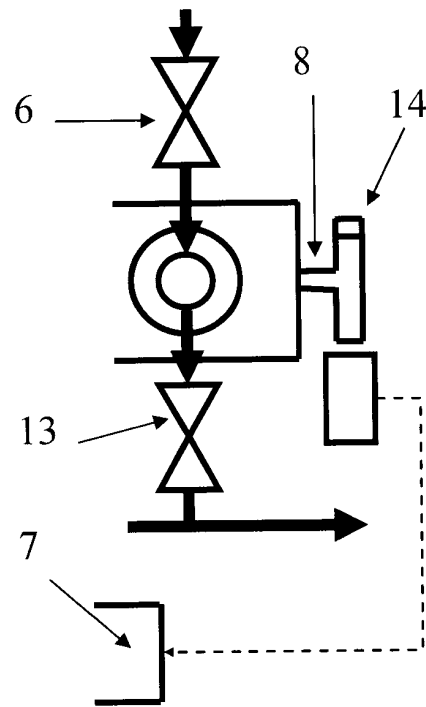


Fig. 7



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 727623
FR 0957723

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	WO 2004/025122 A1 (ARTEMIS INTELLIGENT POWER LTD [GB]; STEIN UWE BERNHARD PASCAL [GB]; CA) 25 mars 2004 (2004-03-25) * figure 3 *	1-15	F01B25/00 F01B25/02
A	----- GB 2 459 079 A (O'BRIEN SEAN [GB]) 14 octobre 2009 (2009-10-14) * page 2 * * figures *	1-15	
A	----- CN 1 847 621 A (SHANDONG JIAHAO GROUP CORP LTD [CN] INT EPODOC CAESAR ACCESSION NUMBER) 18 octobre 2006 (2006-10-18) * figures *	1-15	
A	----- EP 0 416 265 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13 mars 1991 (1991-03-13) * colonne 4, ligne 54 - colonne 5, ligne 12 * * figures *	1-15	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01B F04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 juin 2010		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 0957723 FA 727623**

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 **30-06-2010**

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
WO 2004025122 A1	25-03-2004	AT 330123 T	15-07-2006
		AU 2003263356 A1	30-04-2004
		DE 60306169 T2	31-05-2007
		EP 1537333 A1	08-06-2005
		JP 2005538299 T	15-12-2005
		US 2006039795 A1	23-02-2006

GB 2459079 A	14-10-2009	AUCUN	

CN 1847621 A	18-10-2006	AUCUN	

EP 0416265 A1	13-03-1991	DE 3929747 A1	14-03-1991
		JP 3100350 A	25-04-1991
		JP 3236915 B2	10-12-2001
		US 5070836 A	10-12-1991
