

(19)



(11)

EP 2 809 895 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
30.12.2015 Bulletin 2015/53

(51) Int Cl.:
F01L 13/00 (2006.01) **F01L 9/02 (2006.01)**
F01L 1/047 (2006.01) **F01L 1/26 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **13706592.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/050188

(22) Date de dépôt: **30.01.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/114041 (08.08.2013 Gazette 2013/32)

(54) DISPOSITIF DE COMMANDE VARIABLE D'AU MOINS UNE SOUPAPE, PAR EXEMPLE POUR UN MOTEUR ALTERNATIF

VORRICHTUNG ZUR VARIABLEN STEUERUNG MINDESTENS EINES VENTILS, ZUM BEISPIEL FÜR EINE HUBKOLBENMASCHINE

DEVICE FOR THE VARIABLE CONTROL OF AT LEAST ONE VALVE, FOR EXAMPLE FOR A RECIPROCATING ENGINE

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **02.02.2012 FR 1250963**
02.02.2012 US 201261594069 P

(43) Date de publication de la demande:
10.12.2014 Bulletin 2014/50

(73) Titulaire: **Melchior, Jean-Frédéric
75006 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **Melchior, Jean-Frédéric
75006 Paris (FR)**

(74) Mandataire: **Robert, Mathias et al
Ernest Gutmann - Yves Plasseraud
S.A.S.
3, rue Auber
75009 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 375 843 **EP-A1- 2 204 566**
WO-A2-01/21939 **WO-A2-02/48510**
GB-A- 313 231

EP 2 809 895 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne de façon générale un dispositif de commande d'au moins une soupape, par exemple pour un moteur alternatif et de façon plus particulière un dispositif de commande variable d'au moins une soupape actionnée par au moins deux cames portées par des arbres synchrones et déphasables angulairement l'un par rapport à l'autre. L'invention s'applique notamment à la distribution variable en fonctionnement d'un moteur alternatif dont la culasse porte deux arbres à cames coaxiaux reliés par un déphaseur, par exemple hydraulique.

[0002] Par distribution on entend, de façon classique, l'ensemble des séquences d'ouverture et de fermeture des soupapes du moteur.

[0003] On sait que les performances des moteurs alternatifs sont très dépendantes des positions angulaires du vilebrequin pour lesquelles les soupapes s'ouvrent et se ferment dans le cycle du moteur, et que le diagramme de distribution optimal change avec les conditions de fonctionnement, et, en particulier avec le régime et la charge. Cette distribution influence les taux de compression et de détente effectifs (cycles de Miller), la quantité de gaz brûlés éventuellement recyclée, l'énergie disponible dans les gaz d'échappement, le rendement volumétrique, les frottements mécaniques etc. Il est donc souhaitable de pouvoir modifier indépendamment, pendant le fonctionnement du moteur, les positions angulaires du vilebrequin pour lesquelles s'effectuent l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement.

[0004] De plus, la levée des soupapes d'admission conditionne largement le niveau de turbulence dans la chambre de combustion et il peut être avantageux de régler la puissance d'un moteur à allumage commandé en laminant le flux d'admission au niveau du siège des soupapes d'admission plutôt qu'au niveau d'un papillon disposé en amont d'un collecteur d'admission.

[0005] En dernier lieu, il peut être avantageux de désactiver certains cylindres d'un moteur en maintenant fermées leurs soupapes d'admission et/ou leurs soupapes d'échappement pendant certaines phases de fonctionnement du moteur.

[0006] Dans le cas où les soupapes sont actionnées par des arbres à cames, lesdites soupapes sont appuyées, via des mécanismes oscillants ou coulissants par des ressorts de rappel, sur des cames rotatives dont le profil impose la cinématique des mouvements de translation alternatifs desdites soupapes. Pour éviter les chocs, les contacts entre les éléments de la chaîne mécanique reliant les cames et les soupapes ne doivent pas être rompus, et les soupapes doivent atterrir sur leur siège avec une vitesse quasi nulle.

[0007] La plupart des dispositifs variables utilisés à ce jour génèrent le mouvement d'une soupape à partir du profil d'une seule came que l'on déforme mécaniquement ou hydrauliquement.

[0008] La complexité des dispositifs connus pour faire varier mécaniquement la durée et la levée des soupapes (tel que le dispositif « Valvetronic » faisant notamment l'objet du brevet EP 1 039 103 au nom de BMW) impose une grande précision d'usinage qui rend ces dispositifs relativement onéreux.

[0009] Les dispositifs électro-hydrauliques (tels que le dispositif « Uniair » décrit notamment dans les brevets EP 0 803 642 et EP 1 344 900 au nom de C.R.F.) présentent l'inconvénient de perdre tout ou partie de l'énergie accumulée dans les ressorts de rappel et de dépendre largement de la viscosité de l'huile de graissage.

[0010] D'autres dispositifs génèrent le mouvement d'une soupape à partir des profils de deux cames déphasables, généralement portées par deux arbres coaxiaux, dont l'une assure l'ouverture de la soupape et l'autre la fermeture.

[0011] La demande de brevet WO 02/48510, au nom du demandeur, enseigne de mélanger hydrauliquement les profils de deux cames déphasables pour moduler la durée d'ouverture, avec l'inconvénient de présenter un seuil minimal de la levée de soupape interdisant de réduire progressivement la perméabilité de l'orifice contrôlé par la soupape jusqu'à sa fermeture totale.

[0012] La présente invention, qui s'appuie sur le même principe vise à offrir les mêmes fonctionnalités que les meilleurs dispositifs connus, à partir d'un simple déphaseur rotatif reliant deux arbres à cames synchrones.

[0013] Le but principal de la présente invention est donc de pouvoir régler en fonctionnement la durée angulaire d'ouverture d'au moins une soupape ainsi que sa levée jusqu'à sa fermeture totale, sans perdre, par laminage d'un fluide hydraulique, l'énergie accumulée dans les moyens de rappel du dispositif.

[0014] A cet effet, l'invention propose un dispositif de commande d'au moins une soupape, par exemple pour un moteur alternatif, animée d'un mouvement alternatif de translation rectiligne destiné à ouvrir ou fermer un orifice muni d'un siège d'étanchéité, ladite soupape comportant un moyen de rappel élastique vers une position de fermeture, le dispositif comportant un corps comprenant une cavité indéformable communiquant exclusivement avec l'extérieur par au moins quatre cylindres rectilignes fermés respectivement par quatre pistons déplaçables

en mouvement alternatif entre un point mort bas éloigné de l'intérieur de la cavité et un point mort haut rapproché de l'intérieur de la cavité, caractérisé en ce que lesdits pistons sont un piston relié mécaniquement à la soupape et antagoniste à son moyen de rappel, un piston d'ouverture actionné par une came d'ouverture entraînée en rotation par un premier arbre, un piston de fermeture actionné par une came de fermeture entraînée en rotation par un second arbre tournant en synchronisme avec le premier arbre et pouvant être décalé par rapport au premier arbre d'un angle réglable en fonctionnement, un piston navette se déplaçant entre une première butée fixe définissant le point mort bas et une seconde butée fixe définissant le point mort haut, vers laquelle le

50
55

piston navette est rappelé par un moyen élastique, en ce que la portion de la cavité délimitée par les pistons est remplie par un volume de référence constant de fluide hydraulique sensiblement incompressible défini quand la soupape repose sur son siège, que les pistons d'ouverture et de fermeture sont à leur point mort bas et que le piston navette est à son point mort haut, en ce que le piston d'ouverture, le piston de fermeture et le piston navette ont une cylindrée commune et déplacent le même volume de fluide entre leur point mort bas et leur point mort haut, et en ce que les moyens de rappel élastiques du piston navette et de la soupape sont tels que la pression du fluide nécessaire au déplacement du piston navette jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir la soupape.

[0015] Dans le dispositif conforme à l'invention, un cycle de travail correspondant à une ouverture-fermeture de la soupape s'effectue sur une rotation complète des arbres synchrones qui entraînent les cames d'ouverture et de fermeture de la soupape. Le cycle commence et s'achève dans une configuration de repos du dispositif qui définit le volume de référence de fluide hydraulique présent dans la cavité. Dans la configuration de repos, la soupape est rappelée sur son siège par des moyens élastiques, le piston Ps de la soupape est à son point mort haut, le piston navette Pa est rappelé sur sa seconde butée par le moyen élastique correspondant et est à son point mort haut, et les pistons d'ouverture P1 et de fermeture P2 sont à leur point mort bas, ces derniers étant définis par les cercles de base des cames d'ouverture C1 et de fermeture C2.

[0016] Pendant la rotation des arbres, la course des pistons d'ouverture P1 et de fermeture P2 dépend uniquement de la position angulaire des cames C1 et C2 conformément à leurs profils respectifs. Un vilebrequin entraînant les cames peut ainsi commander le débit de fluide instantané positif ou négatif refoulé dans la cavité par les pistons P1 et P2 et, en conséquence, le débit global instantané qui alimente la cavité, égal à la somme algébrique des débits instantanés refoulés par P1 et P2. Les pistons P1 et P2 se trouvant simultanément à leur point mort bas au commencement d'un cycle, le volume global refoulé dans la cavité par les pistons P1 et P2 depuis le début du cycle se situe à tout moment entre zéro et deux fois la cylindrée commune des pistons P1, P2 et Pa pendant toute la durée du cycle. Le volume de référence de fluide hydraulique présent dans la cavité restant constant, le débit global refoulé par les pistons P1 et P2 depuis leur point mort bas doit être absorbé par les pistons Pa et Ps qui se trouvaient à leur point mort haut au début du cycle. Compte tenu du tarage de leurs moyens de rappel respectifs, le débit global refoulé est exclusivement absorbé par le piston navette Pa tant que ledit débit reste inférieur à la cylindrée commune précitée. Le piston Ps ne peut donc absorber que le débit refoulé dépassant ladite cylindrée commune, excédent qui ne peut plus être absorbé par le piston navette Pa, dès lors que ce piston a atteint sa première butée à son

point mort bas. Le piston Ps de la soupape ne peut donc absorber qu'un volume compris entre zéro et ladite cylindrée commune. On constate que la phase de déplacement du piston navette Pa, de son point mort haut à son point mort bas, constitue une phase d'armement du dispositif préalable à tout déplacement de la soupape.

[0017] Pour modifier la distribution, on dispose d'un angle de déphasage maximal autorisé par le déphaseur pour, par exemple, avancer en fonctionnement le second arbre par rapport au premier arbre, les cames d'ouverture et de fermeture comportant chacune un arc de cercle de base et un lobe unique dont le profil est constitué par une rampe montante permettant de déplacer le piston correspondant de son point mort bas jusqu'à son point mort haut, suivie d'un second arc de cercle concentrique au cercle de base et de plus grand diamètre que celui-ci, permettant d'immobiliser les pistons d'ouverture et de fermeture à leur point mort haut, suivi d'une rampe descendante permettant de ramener les pistons d'ouverture et de fermeture vers leur point mort bas, l'ouverture angulaire de l'arc de cercle de base de la came d'ouverture étant au moins égale à l'ouverture angulaire de la rampe montante de la came de fermeture, augmentée de l'angle de déphasage maximum, l'ouverture angulaire de l'arc de cercle de base de la came de fermeture étant au moins égale à l'ouverture angulaire de la rampe descendante de la came d'ouverture augmentée de l'angle de déphasage maximum.

[0018] Selon une caractéristique de l'invention, sur la totalité de la plage de déphasage, le calage angulaire relatif des premier et second arbres est tel que le piston d'ouverture quitte son point mort bas sous l'action de la rampe montante de la came d'ouverture, après que le piston navette ait atteint son point mort haut sous l'action de la rampe montante de la came de fermeture, et que le piston de fermeture atteigne son point mort bas sous l'action de la rampe descendante de la came de fermeture avant que le piston d'ouverture quitte son point mort haut sous l'action de la rampe descendante de la came d'ouverture.

[0019] Dans ces conditions, à partir de la position de repos, la rampe montante de la came de fermeture C2 entame le cycle de travail en déplaçant le piston de fermeture P2 de son point mort bas à son point mort haut en refoulant dans la cavité une cylindrée commune de fluide pour repousser, sans choc, le piston navette Pa de son point mort haut à son point mort bas et armer ainsi le dispositif. Pendant cette phase, le piston P1 demeure à son point mort bas défini par le cercle de base de la came C1 et le piston Ps demeure à son point mort haut. Le piston P2 reste ensuite immobilisé à son point mort haut, défini par le second arc de cercle de la came C2, quand la rampe montante de la came C1 assure la phase suivante en déplaçant le piston P1 de son point mort bas vers son point mort haut pour refouler dans la cavité une deuxième cylindrée commune de fluide hydraulique nécessaire à l'ouverture de la soupape.

[0020] Selon une forme de réalisation de l'invention,

le calage angulaire relatif des arbres est défini de telle manière que, pour un angle de déphasage nul entre les premier et second arbres, qui correspond à la durée maximale d'ouverture de la soupape, le piston de fermeture quitte son point mort haut après que le piston d'ouverture ait atteint le sien, de manière à créer une plage initiale de déphasage pour laquelle la soupape stationne un certain temps à sa levée maximale entre ses phases d'ouverture et de fermeture.

[0021] Pour cette configuration de l'invention, le piston P1 atteint son point mort haut avant que le piston P2 quitte le sien avec pour conséquence l'aspiration de la totalité de la cylindrée commune de fluide par le seul piston Ps qui ouvre la soupape jusqu'à la plus grande levée permise par le dispositif, qu'elle conserve jusqu'à ce que le piston P2 quitte son point mort haut, par l'effet de la rampe descendante de la came C2, en absorbant le débit refoulé par Ps pendant la fermeture de la soupape.

[0022] Selon une autre forme de réalisation de l'invention le calage relatif des arbres est défini de telle manière que, pour un angle de déphasage nul entre les premier et second arbres, le piston de fermeture quitte son point mort haut avant que le piston d'ouverture atteigne le sien.

[0023] Dans ces conditions, avant la fin de la course de refoulement du piston P1, le piston P2 commence à aspirer une fraction croissante du débit refoulé par le piston P1 en diminuant de ce fait le débit global aspiré par le piston Ps et donc la levée maximale de la soupape, cette dernière n'étant atteinte que pour un seul angle de rotation des arbres et non pour une certaine période angulaire de rotation des arbres.

[0024] Selon une forme de réalisation de l'invention permettant la fermeture totale de la soupape, l'angle de déphasage maximum de la came de fermeture par rapport à la came d'ouverture est suffisant pour que le piston de fermeture quitte son point mort haut avant que le piston d'ouverture quitte son point mort bas et que, à tout instant de la phase d'ouverture de la soupape, le volume de fluide aspiré par le piston de fermeture depuis son point mort haut soit supérieur au volume de fluide refoulé par le piston d'ouverture depuis son point mort bas, de manière à ce que, le débit global refoulé demeurant inférieur ou égal à la cylindrée commune, la soupape reste fermée pendant toute la durée du cycle et que le piston navette quitte et rejoigne son point mort bas pour maintenir le volume de la cavité à sa valeur de référence.

[0025] De cette manière, il est possible de déphasier les cames C1 et C2 de façon à ce que le débit global refoulé par les pistons P1 et P2 reste inférieur à la cylindrée commune et que le dispositif soit désarmé sur toute la durée du cycle, sans pouvoir déplacer la soupape à laquelle se substitue le piston Pa qui quitte et rejoint sa butée de point mort bas pour maintenir le volume de la cavité à sa valeur de référence.

[0026] La durée angulaire d'ouverture de la soupape ainsi que sa levée peut être réglée en fonctionnement, en modifiant l'angle de déphasage du second arbre et

en maintenant fixe le premier arbre, ou inversement, ou encore en modifiant simultanément l'angle de déphasage de chacun des arbres par rapport à un vilebrequin entraînant lesdits arbres.

[0027] Entre le déphasage nul où la soupape atteint sa durée d'ouverture et sa levée maximales et le déphasage maximal où la soupape ne s'ouvre pas, la durée angulaire d'ouverture est une fonction décroissante continue de l'angle de déphasage entre les arbres. La levée est aussi une fonction décroissante dudit angle de déphasage, la levée maximale pouvant éventuellement être maintenue pendant une période angulaire initiale de rotation des arbres comme indiqué précédemment. L'invention permet donc de régler la durée angulaire d'ouverture et permet aussi de régler la levée correspondante de la soupape entre une valeur nulle et une valeur maximale.

[0028] Si on dispose d'un seul déphaseur, on peut choisir entre un début d'ouverture fixe et une fin de fermeture variable, ou inversement. Si on dispose de deux déphaseurs, on peut régler simultanément le début d'ouverture et la fin de fermeture de la soupape.

[0029] Dans toutes les formes de réalisation de l'invention, les profils des cames d'ouverture et de fermeture peuvent être tels qu'il existe une période de repos pendant laquelle la soupape est en position de fermeture, le piston navette est à son point mort haut et les pistons d'ouverture et de fermeture sont à leurs points mort bas, permettant de compenser les fuites de la cavité pour recalibrer le volume de référence de fluide via une communication unidirectionnelle avec une source de fluide à une pression insuffisante pour déplacer le piston navette.

[0030] Une telle caractéristique permet d'annuler les jeux de fonctionnement du dispositif. Le rétablissement, au début de chaque cycle, d'une pression minimale dans la cavité garantit la mise en appui (directe ou indirecte) des pistons sur leur came. De plus, la phase d'armement du dispositif s'accompagne d'une augmentation de pression dans la cavité proportionnelle à la force de rappel élastique du piston navette Pa qui affermit la solidarisation mécanique entre les cames C1, C2 et la soupape, jouant ainsi le rôle de la classique rampe de silence.

[0031] Les moteurs modernes comportent généralement quatre soupapes par cylindre, dont deux soupapes jumelles d'admission identiques fonctionnant en synchronisme commandées par deux cames d'un arbre d'admission et deux soupapes jumelles d'échappement identiques fonctionnant aussi en synchronisme commandées par deux cames d'un arbre d'échappement. Pour respecter cette architecture, l'arbre à cames classique peut être remplacé dans l'invention par un arbre tubulaire portant des cames fixes et des cames déphasables, ces dernières étant clavetées sur un arbre coaxial intérieur à l'arbre tubulaire et entraîné par ce dernier via un déphaseur. La complexité de cet arbre à cames déphasables s'accroît avec le nombre de cames par cylindre.

[0032] D'autre part, un synchronisme parfait des sou-

papes jumelles suppose un chemin hydraulique symétrique entre chaque piston de soupape et les pistons P1 et P2. Cette symétrie implique de regrouper en un point central les débits de fluide déplacés par les pistons P1 et P2 puis de les séparer vers les deux pistons de soupape Ps avec une augmentation néfaste du volume de référence et des changements de direction des flux de fluide. Une configuration hydrauliquement avantageuse à deux cames d'ouverture fixes encadrant une seule came de fermeture déphasable sera décrite ultérieurement. De plus, outre la symétrie hydraulique, le synchronisme des soupapes jumelles suppose deux ressorts de rappel parfaitement identiques et les mêmes frottements entre les deux tiges de soupape et leurs guides. Une configuration plus souhaitable à une seule came d'ouverture et une seule came de fermeture disposées côté à côté permet néanmoins de garantir le synchronisme de deux soupapes jumelles. Une première solution est caractérisée en ce que les deux soupapes sont commandées par deux dispositifs indépendants dont les deux pistons d'ouverture sont actionnés en synchronisme par une unique came d'ouverture et les deux pistons de fermeture sont actionnés en synchronisme par une unique came de fermeture. Une autre solution est caractérisé en ce que les deux soupapes sont actionnées par un seul dispositif conforme à l'invention via un palonnier de synchronisation.

[0033] Pour permettre toutes les configurations, le dispositif selon l'invention peut commander en synchronisme un nombre N de soupapes identiques, et peut comporter un nombre P de pistons d'ouverture synchrones entre eux actionnés par Q cames d'ouverture identiques, un nombre R de pistons de fermeture synchrones entre eux actionnés par S cames de fermeture identiques et au moins un piston navette, le volume global déplacé par les P pistons d'ouvertures entre leur point mort bas et leur point mort haut étant identique au volume global déplacé par les R pistons de fermeture entre leur point mort bas et leur point mort haut, et étant également identique au volume global déplacé par le (les) piston(s) navette(s) entre son (leur) point mort bas et son (leur) point mort haut.

[0034] L'invention concerne également un ensemble de deux dispositifs du type précité, destiné à actionner chacun une seule soupape, caractérisé en ce qu'ils partagent une came d'ouverture unique et une came de fermeture unique, de façon à assurer le synchronisme de l'ouverture et de la fermeture desdites soupapes.

[0035] En variante, un seul dispositif selon l'invention actionne au moins deux soupapes identiques, via un palonnier ou un culbuteur de synchronisation.

[0036] Selon une autre forme de réalisation, le corps peut comporter une cavité indéformable additionnelle, communiquant avec l'autre cavité du corps via un premier cylindre, et communiquant avec l'extérieur via un deuxième cylindre rectiligne de section inférieure à celle du premier cylindre, parallèle et en regard du premier cylindre, ainsi que via un troisième cylindre rectiligne, la

cavité additionnelle communiquant de façon unidirectionnelle avec une source de fluide sous pression. Dans ce cas, un premier piston coulisse dans le premier cylindre, un second piston coulisse dans le second cylindre, le second piston étant relié au premier piston et à une première soupape, d'axe parallèle aux premier et second pistons, un troisième piston coulisse dans le troisième cylindre, le troisième piston étant relié à une seconde soupape, d'axe parallèle au troisième piston. Par ailleurs, la cavité additionnelle contient un volume de fluide sensiblement incompressible qui est égal au volume de la cavité additionnelle lorsque les première et seconde soupapes reposent sur leurs sièges en position fermée desdites soupapes.

[0037] Le dispositif selon l'invention peut en outre comporter des moyens d'effacement de la première butée de point mort bas du piston navette, de manière à ce que ledit piston puisse aspirer la somme algébrique des volumes de fluide refoulés par le piston d'ouverture et le piston de fermeture, afin d'empêcher l'ouverture de la soupape quel que soit l'angle de déphasage entre l'arbre d'ouverture et l'arbre de fermeture.

[0038] Il est ainsi possible de désactiver et/ou de réactiver aisément un ou plusieurs cylindres d'un moteur.

[0039] Enfin, l'invention concerne également un procédé de fonctionnement d'un dispositif de commande du type précité, caractérisé en ce qu'à chaque révolution des arbres il exécute un cycle d'ouverture et de fermeture de la soupape comportant les étapes successives consistant à, depuis une position de repos du dispositif de commande dans laquelle la soupape repose sur son siège, dans laquelle les pistons d'ouverture et de fermeture sont à leur point mort bas et dans laquelle le piston navette est à son point mort haut :

- 35 - déplacer le piston de fermeture de son point mort bas à son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe montante de la came de fermeture, de façon à repousser le piston navette de son point mort haut à son point mort bas afin d'armer le dispositif de commande, le piston d'ouverture restant à son point mort bas, par l'intermédiaire de l'arc de cercle de base de la came d'ouverture,
- 40 - déplacer le piston d'ouverture par l'intermédiaire de la rampe montante de la came d'ouverture, de façon à ouvrir la soupape, le piston de fermeture restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle de la came de fermeture,
- 45 - régler la levée et la durée d'ouverture de la soupape en déphasant la came de fermeture par rapport à la came d'ouverture pour déplacer le piston de fermeture à partir de son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe descendante de la came de fermeture, à un moment quelconque de la course de refoulement du piston d'ouverture, par l'intermédiaire de la rampe montante de la came d'ouverture avant qu'il rejoigne son point mort haut,
- 50 - poursuivre le déplacement du piston de fermeture

- jusqu'à à son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante de la came de fermeture, de façon à fermer la soupape, le piston d'ouverture restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle de la came d'ouverture,
- déplacer le piston d'ouverture de son point mort haut vers son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante de la came d'ouverture, de manière à déplacer le piston navette de son point mort bas à son point mort haut et à désarmer le dispositif.

[0040] L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de commande d'une seule soupape, selon une première forme de réalisation de l'invention, dans laquelle la soupape est actionnée par deux arbres à cames parallèles portant des cames d'ouverture et de fermeture identiques inversées,
- les figures 2A à 2E sont des vues illustrant schématiquement les différentes étapes d'un cycle de fonctionnement du dispositif de commande de la figure 1,
- la figure 3 est un diagramme illustrant les volumes refoulés par les pistons d'ouverture et de fermeture, le volume absorbé par le piston de la soupape, et par le piston navette, en fonction de la position angulaire des cames, pour plusieurs décalages angulaires des cames d'ouverture et de fermeture,
- les figures 4A et 4B sont des vues en coupe, respectivement selon les lignes BB' et AA' des figures 4B et 4A, d'une seconde forme de réalisation de l'invention, dans laquelle deux arbres coaxiaux portent trois cames par cylindre destinées à actionner en synchronisme deux soupapes identiques ou jumelles,
- les figures 5A et 5B sont des vues en coupe, respectivement selon les lignes BB' et AA' des figures 5B et 5A, d'une troisième forme de réalisation de l'invention, dans laquelle deux arbres coaxiaux portent deux cames par cylindre destinées à actionner en synchronisme deux soupapes identiques ou jumelles, par l'intermédiaire d'un palonnier,
- la figure 6 est une vue en coupe d'une quatrième forme de réalisation de l'invention.

[0041] On se réfère maintenant à la figure 1 qui représente une première forme de réalisation d'un dispositif de commande selon l'invention, monté sur la culasse 1 d'un moteur alternatif à combustion interne.

[0042] La culasse 1 est équipée classiquement d'au moins une soupape 2, par exemple une soupape d'admission, comportant une tête 3 maintenue en appui sur un siège d'étanchéité 4 de la culasse 1, par un ressort de rappel 5. La soupape 2 comporte en outre une tige 6

opposée à la tête 3, supportant une coupelle 7 d'appui d'une extrémité du ressort de rappel 5. L'autre extrémité du ressort de rappel s'appuie par exemple directement sur la culasse 1.

- 5 **[0043]** Le dispositif selon l'invention comporte un corps 8 fixé sur la culasse 1, par exemple par vissage, et entourant une cavité 9 communiquant avec l'extérieur par l'intermédiaire de quatre cylindres orthogonaux 10, 11, 12, 13.
- 10 **[0044]** Un piston Ps est fixé à l'extrémité libre de la tige 6 de la soupape 2 et est monté coulissant dans le premier cylindre 10 du corps 8.
- 15 **[0045]** Le piston Ps est mobile entre un point mort haut (figure 1) pour lequel la soupape 2 est fermée, c'est-à-dire repose sur son siège 4, et un point mort bas, pour lequel la soupape 2 est ouverte à sa levée maximale réglable, c'est-à-dire est décollée du siège 4.
- 20 **[0046]** Les pistons P1, P2 et Pa, dits respectivement piston d'ouverture, piston de fermeture et piston navette, sont montés coulissants respectivement dans les cylindres 11, 12 et 13 de la cavité 9.
- 25 **[0047]** Les pistons P1, P2, Pa et Ps délimitent une portion de la cavité 9, remplie par un volume sensiblement constant de fluide incompressible, tel que de l'huile, et dont l'étanchéité est assurée par les pistons P1, P2, Pa et Ps. Le volume de fluide dans la cavité 9 est le volume de référence défini précédemment, qui n'évolue pas en fonctionnement, à l'exception d'éventuelles fuites qui peuvent être compensées, comme cela sera mieux décrit après.
- 30 **[0048]** Dans cet exemple, les pistons P1 et P2 sont coaxiaux, de même que les pistons Pa et Ps. Les pistons P1 et P2 sont en outre orientés perpendiculairement aux pistons Pa et Ps.
- 35 **[0049]** Le piston Pa comporte une extrémité externe 14, c'est-à-dire opposée à la cavité 9, comprenant une collerette 15 apte à venir en butée contre une face externe 16 du corps 8 (butée interne). L'extrémité externe 14 du piston Pa est également apte à venir en appui contre une butée fixe externe 17 (butée externe). Le piston Pa est ainsi mobile entre ses butées interne et externe, un ressort de rappel 18 tendant à repousser le piston navette Pa vers sa butée interne.
- 40 **[0050]** Le piston navette Pa est donc mobile entre un point mort haut, défini par la butée interne, et un point mort bas, défini par la butée externe.
- 45 **[0051]** Le piston P1 est actionné par une came d'ouverture C1, entraînée en rotation autour d'un axe 19, par un premier arbre (non représenté).
- 50 **[0052]** Le piston P2 est actionné par une came de fermeture C2, entraînée en rotation autour d'un axe 20, par un second arbre (non représenté), synchrone et parallèle au premier arbre et perpendiculaire au plan de coupe de la figure 1. Les axes 19, 20 coupent l'axe commun des pistons P1 et P2. Le sens de rotation des cames C1, C2 est représenté par des flèches à la figure 1 et correspond au sens anti-horaire sur cette figure.
- 55 **[0053]** Le dispositif selon l'invention comporte en outre

des moyens de déphasage (non représentés) du second arbre par rapport au premier arbre, ou inversement.

[0054] De cette manière, il est possible d'ajuster en fonctionnement la position angulaire de la came de fermeture C2 par rapport à la came d'ouverture C1, ou inversement.

[0055] Dans la forme de réalisation des figures 1 à 3, le second arbre (et donc la came de fermeture C2) peut être avancé en fonctionnement par rapport au premier arbre (et donc par rapport à la came d'ouverture C1) jusqu'à un angle de déphasage maximum.

[0056] Les extrémités externes des pistons P1 et P2 comportent des collarlettes 21, 22 coopérant avec des ressorts de torsion 23, 24 montés autour de pions fixes 25, 26 et tendant à déplacer les pistons P1 et P2 vers l'extérieur de la cavité, c'est-à-dire vers leur point mort bas, de façon à ce que les extrémités externes des pistons P1 et P2 soient respectivement en appui sur les cames d'ouverture C1 et de fermeture C2, par l'intermédiaire de culbuteurs 27, 28 pivotants autour d'axes fixes 29, 30 pour éviter les efforts radiaux sur les pistons P1 et P2.

[0057] Les cames d'ouverture C1 et de fermeture C2 comportent chacune un arc de cercle de base C11, C21 centrés sur l'axe de rotation 19, 20 de chaque came C1, C2 et un lobe unique dont le profil est constitué par une rampe montante C12, C22 permettant de déplacer le piston correspondant P1, P2 de son point mort bas jusqu'à son point mort haut, suivie d'un second arc de cercle C13, C23 concentrique au cercle de base C11, C21 et de plus grand diamètre que celui-ci, permettant d'immobiliser les pistons d'ouverture P1 et de fermeture P2 à leur point mort haut, suivi d'une rampe descendante C14, C24 permettant de ramener les pistons d'ouverture P1 et de fermeture P2 vers leur point mort bas. L'ouverture angulaire α_{11} de l'arc de cercle de base C11 de la came d'ouverture C1 est au moins égale à l'ouverture angulaire α_{22} de la rampe montante C22 de la came de fermeture C2, augmentée de l'angle de déphasage maximum entre les premier et second arbres. En outre, l'ouverture angulaire α_{21} de l'arc de cercle de base C21 de la came de fermeture C2 est au moins égale à l'ouverture angulaire α_{14} de la rampe descendante C14 de la came d'ouverture C1 augmentée de l'angle de déphasage maximum. Le profil de chacune des cames C1, C2 est continu.

[0058] La rampe montante C12 de la came d'ouverture C1 et la rampe descendante C24 de la came de fermeture C2 sont des rampes dites rapides. La rampe montante C22 de la came de fermeture C2 et la rampe descendante C14 de la came d'ouverture C1 sont des rampes dites lentes.

[0059] L'ouverture angulaire α_{12} , α_{24} des rampes rapides C12, C24 est inférieure à l'ouverture angulaire α_{14} , α_{22} des rampes lentes C14, C22.

[0060] Les cames d'ouverture C1 et de fermeture C2 sont inversées en ce sens que la rampe rapide C24 de la came de fermeture C2 est descendante quand la ram-

pe rapide C12 de la came d'ouverture C1 est montante, et que la rampe lente C22 de la came de fermeture C2 est montante quand la rampe lente C14 de la came d'ouverture C1 est descendante.

[0061] L'ouverture angulaire α_{13} , α_{23} des seconds arcs de cercle C13, C23 est égale à celle α_{12} , α_{24} des rampes rapides C12, C24, afin de pouvoir atteindre la levée maximale de la soupape 2 dont est capable le dispositif.

[0062] Les pistons P1 et P2 sont identiques et déplacent chacun le même volume que le piston Pa entre leurs point mort bas et leur point mort haut. Ce volume est appelé cylindrée commune. La course et le diamètre du piston Pa peuvent être différents de ceux des pistons P1 et P2 pour optimiser le ressort de rappel 18 qui génère dans la cavité 9 une pression très inférieure à celle générée par le ressort 5 de la soupape 2, compte tenu de la faible inertie du piston Pa et de la lenteur des rampes C14 et C22.

[0063] Les ressorts de rappel 18, 5 du piston navette Pa et de la soupape 2 sont tels que la pression du fluide nécessaire au déplacement du piston navette Pa jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir la soupape 2.

[0064] Le dispositif selon l'invention comporte également des moyens de recalibrage du volume de référence de fluide dans la cavité 9, comportant un conduit d'alimentation 32 en fluide incompressible équipé d'un clapet anti-retour 33 et reliant une source 34 de fluide sous pression à la cavité 9 (voir figures 4A et 5A). La pression de fluide issue du conduit d'alimentation 32 est insuffisante pour déplacer le piston Pa. De tels moyens de recalibrage sont connus du document WO 02/48510, au nom du Demandeur.

[0065] On se réfère maintenant aux figures 2A à 2E qui représentent les différentes étapes du fonctionnement du dispositif de commande de la figure 1, pendant la durée d'un cycle effectué par une rotation complète des cames C1 et C2. Le cycle est représenté pour un déphasage intermédiaire des cames C1 et C2, correspondant à une levée maximale intermédiaire de la soupape 2 (voir par exemple la courbe 5 à la figure 3).

[0066] La figure 2A représente le dispositif en fin de phase de recalibrage du volume de référence de fluide

dans la cavité 9, par l'intermédiaire des moyens de recalibrage précités. Dans cette position, les pistons P1 et P2 sont au point mort bas sur le cercle de base C11, C21 des cames C1 et C2, les pistons Ps et Pa étant au point mort haut sous l'action des ressorts de rappel 5 et 18.

Pendant cette phase de repos, la rotation des cames C1, C2 ne produit donc aucun mouvement des pistons et du fluide hydraulique dans la cavité 9.

[0067] La figure 2B représente le dispositif pendant la deuxième phase du cycle, dite phase d'armement, où le piston P1 demeure immobile à son point mort bas sur le cercle de base C11 de la came C1 quand le piston P2, sur la rampe montante lente C22 de la came C2 refoule dans la cavité 9 une première cylindrée commune de

fluide qui repousse le piston navette Pa, ce dernier passant de son point mort haut à sa butée de point mort bas en élévant la pression dans la cavité 9 pour comprimer le ressort de rappel 18 du piston Pa.

[0068] La figure 2C représente le dispositif à la fin de la troisième phase du cycle, dite d'ouverture de la soupape 2, où la soupape 2 atteint sa levée maximale, quand le piston P1, sur la rampe montante rapide C12 de la came C1, refoule dans la cavité 9 une deuxième cylindrée commune de fluide et que le piston P2 sur la rampe descendante rapide C24 de la came C2 aspire une fraction du volume refoulé par P1 pour limiter le volume de fluide qui repousse le piston Ps et pour réduire la levée maximale de la soupape 2 atteinte quand le volume restant à refouler par le piston P1 est égal au volume déjà aspiré par le piston P2.

[0069] La figure 2D représente le dispositif à la fin de la quatrième phase du cycle, dite de fermeture de la soupape 2, où le piston P1 s'est immobilisé à son point mort haut sur le second arc de cercle C13 de la came C1 quand le piston P2, sur la rampe descendante rapide C24 de la came C2, aspire le fluide refoulé par le piston Ps sous l'action du ressort de rappel 5 qui ferme la soupape 2.

[0070] La figure 2E représente le dispositif pendant la cinquième phase du cycle, dite de désarmement, où la soupape 2 est retombée sur son siège 4 et le piston Ps a retrouvé son point mort haut, où le piston P2 a retrouvé son point mort bas et où le piston P1 sur la rampe descendante lente C14 de la came C1 aspire la cylindrée commune refoulée par le piston Pa sous l'action de son ressort de rappel 18 pour désarmer le dispositif et revenir dans la position de la figure 2A à partir de laquelle un nouveau cycle peut être abordé.

[0071] On se réfère maintenant à la figure 3 qui montre un diagramme de fonctionnement du dispositif de la figure 1 dont les abscisses représentent l'angle de rotation des cames C1, C2 entre le début et la fin d'un cycle, dont les ordonnées positives représentent le volume de fluide refoulé par le piston P1 (trait gras), le volume de fluide refoulé par le piston P2 (trait fin) et le volume de fluide absorbé par le piston Ps de la soupape 2 (pointillé), et dont les ordonnées négatives représentent le volume de fluide absorbé par le piston navette Pa. Les courbes numérotées 1 à 7 correspondent à sept déphasages successifs entre les arbres, la première courbe 1 correspondant à un angle nul où la soupape 2 est grande ouverte et la dernière courbe 7 correspond à un déphasage de 50 degrés, pour lequel la soupape 2 ne s'ouvre plus.

[0072] Les courbes en pointillés illustrent donc également les lois de levée de la soupape 2 pour les sept déphasages. On rappelle que la levée d'une soupape 2 est la distance qui sépare la portée de sa tête 3 et le siège 4 de la culasse 1.

[0073] On remarque que le dispositif de commande précité permet, en fonctionnement et par réglage du déphasage entre les deux arbres, d'ajuster la levée maximale de la soupape 2 et, simultanément, de décaler l'an-

gle de fermeture de la soupape 2 de manière à ajuster la durée angulaire d'ouverture de la soupape 2 et, si nécessaire, de maintenir fermée la soupape 2 sur toute la durée d'un cycle.

[0074] Dans le cas de la figure 3, le calage angulaire relatif des arbres est défini de telle manière que, pour un angle de déphasage nul (courbe 1), le piston de fermeture P2 quitte son point mort haut en même temps que le piston d'ouverture P1 atteint le sien, de manière à ce que la levée maximale de la soupape 2 dont est capable le dispositif est atteinte pour un seul angle du cycle.

[0075] Dans une variante non représentée, il est possible de définir le calage angulaire relatif des arbres de telle manière que, pour un angle de déphasage nul entre les premier et second arbres, le piston de fermeture P2 quitte son point mort haut après que le piston d'ouverture P1 ait atteint le sien, de manière à créer une période angulaire réglable du cycle où la soupape 2 stationne à sa levée maximale entre ses phases d'ouverture et de fermeture.

[0076] Dans une autre variante, le dispositif peut comporter des moyens d'effacement de la butée 17 de point mort bas du piston navette Pa (schématisés à la figure 1 par une flèche 56), de manière à ce que le piston Pa puisse aspirer la somme algébrique des volumes de fluide refoulés par le piston d'ouverture P1 et le piston de fermeture P2, afin d'empêcher l'armement du dispositif quel que soit l'angle de déphasage entre l'arbre d'ouverture et l'arbre de fermeture.

[0077] Les figures 4A et 4B illustrent un dispositif de commande selon une deuxième forme de réalisation de l'invention, destiné à l'actionnement en synchronisme de deux soupapes identiques ou jumelles 2a, 2b, par l'intermédiaire de trois cames C1a, C1b et C2, de façon à assurer une symétrie hydraulique du dispositif.

[0078] Dans cette forme de réalisation, les soupapes jumelles 2a, 2b ont des axes parallèles et sont actionnées par deux arbres coaxiaux 35, 36, dont l'axe est dans le plan des axes des soupapes 2a, 2b et perpendiculaire auxdits axes, portant respectivement deux cames d'ouvertures C1 a, C1 b une came de fermeture C2.

[0079] Les cames d'ouvertures C1 a, C1 b sont disposées symétriquement de part et d'autre de la came de fermeture C2. Les profils identiques des cames C1 a, C1b et celui de la came C2 sont similaires à ceux décrits précédemment.

[0080] Le corps 8 comporte une cavité 9 et un plan de symétrie BB'. La cavité 9 débouche vers l'extérieur par six cylindres, respectivement deux cylindres symétriques 10a, 10b parallèles où coulissent deux pistons Psa, Psb fixés sur les extrémités libres des tiges des soupapes 2a, 2b, deux autres cylindres symétriques 11a, 11b parallèles entre eux, où coulissent deux pistons d'ouverture P1a, P1b, un premier cylindre central 12 où coulisse un piston de fermeture P2, et un second cylindre central perpendiculaire 13 où coulisse un piston navette Pa.

[0081] Les pistons Psa, Psb des soupapes 2a, 2b, les pistons d'ouverture P1 a, P1 b et le piston de fermeture

P2 sont parallèles entre eux. Le piston navette Pa est orthogonal aux pistons précités Psa, Psb, P1 a, P1 b, P2. [0082] L'axe du piston de fermeture P2 et l'axe du piston navette Pa sont situés dans le plan de symétrie BB' du corps 8.

[0083] Comme précédemment, le piston navette Pa est mobile entre des butées interne 16 et externe 17, définissant respectivement ses points morts haut et bas, un ressort de rappel 18 tendant à le repousser vers sa butée interne 16.

[0084] Les ressorts de rappel 18, 5a, 5b du piston navette Pa et des soupapes 2a, 2b sont tels que la pression du fluide nécessaire au déplacement du piston navette Pa jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir l'une quelconque des soupapes 2a, 2b.

[0085] Les deux cames d'ouverture C1 a, C1 b sont identiques, de même que les deux pistons d'ouverture P1a, P1b, que les deux pistons de soupape Psa, Psb, que les deux soupapes 2a, 2b et que les ressorts de rappel 5a, 5b. Le dispositif de commande est ainsi symétrique par rapport au plan BB'.

[0086] Comme précédemment, chaque soupape 2a, 2b comporte une tête 3a, 3b destinée à s'appuyer sur un siège 4a, 4b d'une culasse 4 sur laquelle est fixé le corps 8, par exemple par vissage.

[0087] Chaque came C1 a, C1 b, C2 actionne le piston correspondant P1 a, P1 b, P2 par l'intermédiaire d'un linguet 27a, 27b, 28, pivotant autour d'un axe 29a, 29b 30. Les pistons d'ouverture P1 a, P1 b et de fermeture P2 sont maintenus au contact des linguets 27a, 27b, 28, et les linguets 27a, 27b, 28 sont maintenus au contact des cames C1 a, C1 b, C2, par l'intermédiaire des ressorts de rappel 23a, 23b, 24 tendant à déplacer les pistons P1 a, P1 b, P2 vers leur point mort bas.

[0088] La came de fermeture C2 est solidaire de l'arbre interne 36, ce dernier étant couplé à l'arbre externe 35 coaxial portant les cames d'ouverture C1 a, C1 b, par l'intermédiaire d'un déphasageur non représenté. Un tel déphasageur est bien connu de l'état de la technique et ne sera pas détaillé ici.

[0089] La came de fermeture C2 est solidarisée avec l'arbre interne 36 par une goupille 37 qui traverse l'arbre externe 35 par deux lumières oblongues 38 permettant la variation de phase désirée.

[0090] Le volume déplacé par le piston de fermeture P2 et par le piston navette Pa est égal au double du volume déplacé par chaque piston d'ouverture P1 a, P1 b.

[0091] Comme précédemment, la cavité 9 communique également avec une source de fluide 34 sous pression via un conduit 32 équipé d'un clapet unidirectionnel 33 axé dans le plan de symétrie BB'.

[0092] Le dispositif étant rigoureusement symétrique par rapport au plan BB', les flux d'ouverture et de fermeture des soupapes jumelles 2a, 2b parcourent des chemins hydrauliques identiques, ce qui garantit le synchronisme des soupapes 2a, 2b sous réserve que leurs res-

sorts de rappel 5a, 5b soient parfaitement identiques.

[0093] Le dispositif de commande est logé à l'intérieur d'un support d'arbre à cames 50 fixé sur la culasse 1, par exemple par vissage.

5 [0094] Le fonctionnement d'un tel dispositif de commande est similaire à celui décrit en référence aux figures 1 à 3.

[0095] Un dispositif de commande selon une troisième forme de réalisation est représenté aux figures 5A et 5B.

10 Celui-ci vise à garantir mécaniquement le synchronisme de deux soupapes jumelles 2a, 2b dont les ressorts de rappel 5a, 5b ne seraient pas parfaitement identiques, à partir d'un circuit hydraulique dissymétrique activé par deux cames seulement.

15 [0096] Dans cette forme de réalisation, les soupapes jumelles 2a, 2b ont des axes parallèles et sont actionnées, via un palonnier 39, par deux arbres coaxiaux, respectivement externe 35 et interne 36, portant respectivement une came d'ouverture C1 et une came de fermeture C2. Les profils des cames C1, C2 sont similaires ou identiques à ceux décrits précédemment.

20 [0097] Le corps 8 comporte une cavité 9 et un plan de symétrie BB'. La cavité 9 débouche vers l'extérieur par quatre cylindres, respectivement un cylindre 10 où coulisse un piston Ps formé par une partie du palonnier 39 (figure 5B), un cylindre 11 où coulisse un piston d'ouverture P1, un cylindre 12 où coulisse un piston de fermeture P2, et un cylindre 13 où coulisse un piston navette Pa. Le piston d'ouverture P1, le piston de fermeture P2 sont parallèles entre eux. Le piston navette Pa est, par exemple, orthogonal aux pistons précités P1, P2, Ps.

25 [0098] Le piston navette Pa et le piston Ps du palonnier 39 ont leurs axes dans le plan de symétrie BB' du corps 8. Les pistons d'ouverture P1 et de fermeture P2 sont identiques et sont disposés de part et d'autre du plan de symétrie BB' du corps 8.

30 [0099] Comme précédemment, le piston navette Pa est mobile entre deux butées, définissant respectivement ses points morts haut et bas, un ressort de rappel 18 tendant à le repousser vers son point mort haut.

35 [0100] Plus particulièrement, le piston navette Pa est formé de deux parties 40, 41 assemblées l'une à l'autre, par exemple par vissage, une première partie 40 comportant une collerette 42 destinée à venir en butée contre un siège d'étanchéité interne 43 du cylindre 13, de façon à définir la butée de point mort bas et à limiter les fuites, une seconde partie 41 comportant une collerette 44 destinée à venir en butée contre une paroi externe 45 du corps 8, de façon à définir la butée de point mort haut.

40 [0101] Les ressorts de rappel 18, 5a, 5b du piston navette Pa et des soupapes 2a, 2b sont tels que la pression du fluide nécessaire au déplacement du piston navette Pa jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir les soupapes 2a, 2b.

45 [0102] Comme précédemment, chaque soupape 2a, 2b comporte une tête 3a, 3b destinée à s'appuyer sur un siège 4a 4b d'une culasse 1 sur laquelle est fixé le corps 8, par exemple par vissage.

[0103] Les extrémités libres des tiges des soupapes 2a, 2b prennent chacune appui sur une aile 46a, 46b du palonnier 39. Plus particulièrement, le palonnier 39 comporte une partie centrale destinée à former le piston Ps monté dans le cylindre 10 du corps 8, et deux ailes symétriques 46a, 46b s'étendant latéralement de part et d'autre de la partie centrale. Le déplacement du palonnier 39 entraîne ainsi le déplacement en synchronisme des soupapes jumelles 2a, 2b, même si les ressorts de rappel 5a, 5b desdites soupapes 2a, 2b ne sont pas parfaitement identiques.

[0104] Chaque came C1, C2 actionne le piston correspondant P1, P2 par l'intermédiaire d'un culbuteur à rouleau articulé. Chaque culbuteur articulé comporte un bras 47 pivotant autour d'un axe fixe 49 et portant l'axe 51 d'un rouleau 48 en contact avec la came.

[0105] Chaque culbuteur comporte en outre une chape articulée sur l'axe 51 du rouleau 48, comportant deux branches latérales 52 s'étendant de part et d'autre du rouleau 48 et traversées par l'arbre 51, et une branche centrale 53, solidarisant les branches latérales 52, et portant une tige dont l'extrémité comporte une sphère 54 piégée dans un logement sphérique complémentaire 55 ménagé dans le piston correspondant P1, P2, de manière à former une liaison rotule entre la chape et le piston correspondant P1, P2.

[0106] Les rouleaux 48 sont maintenus au contact des cames C1, C2, par l'intermédiaire de ressorts de rappel non représentés.

[0107] L'arbre interne 36 est couplé à l'arbre externe 35 coaxial par l'intermédiaire d'un déphasageur non représenté.

[0108] La came de fermeture C2 est solidarisée avec l'arbre interne 36 par une goupille 37 qui traverse le tube externe 35 par deux lumières oblongues permettant la variation de phase désirée.

[0109] Les volumes déplacés par le piston d'ouverture P1, par le piston de fermeture P2 et par le piston navette Pa sont égaux entre eux.

[0110] Comme précédemment, la cavité 9 communique également avec une source de fluide 34 sous pression, par un conduit 32 équipé d'un clapet unidirectionnel 33.

[0111] Comme précédemment, le dispositif de commande est logé à l'intérieur d'un support d'arbre à cames 50 fixé sur la culasse 1, par exemple par vissage.

[0112] Le fonctionnement d'un tel dispositif de commande est similaire à celui décrit en référence aux figures 1 à 3.

[0113] Cette forme de réalisation simple où les soupapes jumelles 2a, 2b sont actionnées par un palonnier mécanique 39 présente néanmoins les inconvénients suivants:

- les soupapes jumelles 2a, 2b ont forcément des axes parallèles et des courses identiques;
- une seule des deux soupapes 2a, 2b bénéficie de l'annulation hydraulique du jeu de fonctionnement,

l'autre ne venant pas au contact de son siège si la géométrie n'est pas parfaite.

[0114] Pour pallier à ces inconvénients, le palonnier mécanique 39 peut être avantageusement remplacé par un palonnier hydraulique dont le principe est schématisé sur la figure 6. Le palonnier hydraulique a pour buts:

- d'annuler le jeu de fonctionnement des deux soupapes jumelles 2a, 2b, d'actionner des soupapes jumelles 2a, 2b dont les axes ne sont pas parallèles,
- d'actionner des soupapes jumelles 2a, 2b dont les levées ne sont pas égales.

[0115] Pour simplifier l'exposé la figure 6 représente deux soupapes jumelles parallèles 2a, 2b dont les levées sont égales.

[0116] Un dispositif de commande selon cette quatrième forme de réalisation représenté à la figure 6 est identique au précédent jusqu'au cylindre 10 où coulisse le piston Ps. Dans cette nouvelle forme de réalisation, le corps 8 comporte une cavité hydraulique indéformable additionnelle 57 communiquant avec la cavité 9 via le cylindre 10 et communiquant avec l'extérieur via un cylindre 58a, d'axe parallèle au cylindre 10, et de préférence coaxial avec ce cylindre 10, et via un cylindre 58b qui n'est pas forcément parallèle au cylindre 58a. Un piston Ps coulisse dans le cylindre 10 et est solidaire d'un piston Psa, de diamètre inférieur (section moitié sur la figure), qui coulisse dans le cylindre 58a et est solidaire et parallèle à la tige de soupape 2a. Un piston Psb de section quelconque (section moitié de Ps sur la figure 6) solidaire et parallèle à la tige de soupape 2b coulisse dans le cylindre 58b. La cavité 57 fermée par les pistons Ps, Psa, Psb contient un volume de fluide hydraulique constant, égal à son volume quand les soupapes 2a et 2b reposent sur leurs sièges en position de fermeture. Pour compenser les fuites, la cavité 57 communique avec la source de pression 34 via un clapet anti-retour 33a. Dans cette forme de réalisation, le piston Ps actionne la soupape 2a via le piston Psa, l'ensemble étant solidarisé mécaniquement et présentant donc la même course. Le jeu de fonctionnement de la soupape 2a est annulé par le clapet 33. Simultanément, le piston Ps refoule dans la cavité 57 un volume d'huile proportionnel à la différence de section entre les pistons Ps et Psa qui est absorbé par le déplacement du piston Psb qui actionne la soupape 2b. Le jeu de fonctionnement de la soupape 2b est annulé par le clapet 33a. Cette forme de réalisation permet au piston Ps de déplacer les soupapes 2a et 2b en synchronisme avec des levées différentes et des axes de déplacement non parallèles. La levée de la soupape 2b est égale à celle de la soupape 2a multipliée par le rapport entre la différence de section Ps-Psa et la section Psb.

Revendications

1. Dispositif de commande d'au moins une soupape (2), par exemple pour un moteur alternatif, animée d'un mouvement alternatif de translation rectiligne destiné à ouvrir ou fermer un orifice muni d'un siège d'étanchéité (4), ladite soupape (2) comportant un moyen de rappel élastique (5) vers une position de fermeture, ledit dispositif comportant un corps (8) comprenant une cavité indéformable (9) communiquant exclusivement avec l'extérieur par au moins quatre cylindres rectilignes (10, 11, 12, 13) fermés respectivement par quatre pistons (P1, P2, Pa, Ps) déplaçables en mouvement alternatif entre un point mort bas éloigné de l'intérieur de la cavité (9) et un point mort haut rapproché de l'intérieur de la cavité (9), **caractérisé en ce que** lesdits pistons sont un piston (Ps) relié mécaniquement à la soupape (2) et antagoniste à son moyen de rappel (5), un piston d'ouverture (P1) actionné par une came d'ouverture (C1), entraînée en rotation par un premier arbre, un piston de fermeture (P2) actionné par une came de fermeture (C2), entraînée en rotation par un second arbre, tournant en synchronisme avec le premier arbre et pouvant être décalé par rapport au premier arbre, d'un angle réglable en fonctionnement, un piston navette (Pa) se déplaçant entre une première butée fixe (17) définissant le point mort bas et une seconde butée fixe (16) définissant le point mort haut, vers laquelle le piston navette (Pa) est rappelé par un moyen élastique (18), **en ce que** la portion de la cavité (9) délimitée par les pistons (P1, P2, Pa, Ps) est remplie par un volume de référence constant de fluide hydraulique sensiblement incompressible défini quand la soupape (2) repose sur son siège (4), quand les pistons d'ouverture (P1) et de fermeture (P2) sont à leur point mort bas et quand le piston navette (Pa) est à son point mort haut, **en ce que** le piston d'ouverture (P1), le piston de fermeture (P2) et le piston navette (Pa) ont une cylindrée commune et déplacent le même volume de fluide entre leur point mort bas et leur point mort haut, et **en ce que** les moyens de rappel élastiques (18, 5) du piston navette (Pa) et de la soupape (2) sont tels que la pression du fluide nécessaire au déplacement du piston navette (Pa) jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir la soupape (2). 5
2. Dispositif de commande selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le second arbre peut être avancé en fonctionnement par rapport au premier arbre jusqu'à un angle de déphasage maximum, les came d'ouverture (C1) et de fermeture (C2) comportant chacune un arc de cercle de base (C11, C21) et un lobe unique dont le profil est constitué par une rampe montante (C12, C22) permettant de déplacer le piston correspondant (P1, P2) de son point mort bas jusqu'à son point mort haut, suivie d'un second arc de cercle (C13, C23) concentrique au cercle de base (C11, C21) et de plus grand diamètre que celui-ci, permettant d'immobiliser les pistons d'ouverture (P1) et de fermeture (P2) à leur point mort haut, suivie d'une rampe descendante (C14, C24) permettant de ramener les pistons d'ouverture (P1) et de fermeture (P2) vers leur point mort bas, l'ouverture angulaire (α_{11}) de l'arc de cercle de base (C11) de la came d'ouverture (C1) étant au moins égale à l'ouverture angulaire (α_{22}) de la rampe montante (C22) de la came de fermeture (C2), augmentée de l'angle de déphasage maximum, l'ouverture angulaire (α_{21}) de l'arc de cercle de base (C21) de la came de fermeture (C2) étant au moins égale à l'ouverture angulaire (α_{14}) de la rampe descendante (C14) de la came d'ouverture (C1) augmentée de l'angle de déphasage maximum. 10
3. Dispositif de commande selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, sur la totalité de la plage de déphasage, le calage angulaire relatif des premier et second arbres est tel que le piston d'ouverture (P1) quitte son point mort bas sous l'action de la rampe montante (C12) de la came d'ouverture (C1), après que le piston navette (Pa) ait atteint son point mort haut sous l'action de la rampe montante (C22) de la came de fermeture (C2), et que le piston de fermeture (P2) atteigne son point mort bas sous l'action de la rampe descendante (C24) de la came de fermeture (C2) avant que le piston d'ouverture (P1) quitte son point mort haut sous l'action de la rampe descendante (C14) de la came d'ouverture (C1). 15
4. Dispositif de commande selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le calage angulaire relatif des arbres est défini de telle manière que, pour un angle de déphasage nul entre les premier et second arbres, qui correspond à la durée maximale d'ouverture de la soupape, le piston de fermeture (P2) quitte son point mort haut après que le piston d'ouverture (P1) ait atteint le sien, de manière à créer une plage initiale de déphasage pour laquelle la soupape (2) stationne un certain temps à sa levée maximale entre ses phases d'ouverture et de fermeture. 20
5. Dispositif de commande selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le calage relatif des arbres est défini de telle manière que, pour un angle de déphasage nul entre les premier et second arbres, le piston de fermeture (P2) quitte son point mort haut avant que le piston d'ouverture (P1) atteigne le sien. 25
6. Dispositif de commande selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** l'angle de déphasage maximum de la came de fermeture (C2) par rapport à la came d'ouverture (C1) est suffisant pour que le piston de fermeture (P2) quitte son point 30

- mort haut avant que le piston d'ouverture (P1) quitte son point mort bas et que, à tout instant de la phase d'ouverture de la soupape, le volume de fluide aspiré par le piston de fermeture (P2) depuis son point mort haut soit supérieur au volume de fluide refoulé par le piston d'ouverture (P1) depuis son point mort bas, de manière à ce que, le débit global refoulé demeurant inférieur ou égal à la cylindrée commune, la soupape (2) reste fermée pendant toute la durée du cycle et que le piston navette (Pa) quitte et rejoigne son point mort bas pour maintenir le volume de la cavité à sa valeur de référence.
7. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la durée angulaire d'ouverture de la soupape (2) ainsi que sa levée est réglée en fonctionnement, en modifiant l'angle de déphasage du second arbre et en maintenant fixe le premier arbre, ou inversement, ou encore en modifiant simultanément l'angle de déphasage de chacun des arbres par rapport à un vilebrequin entraînant lesdits arbres. 15
8. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les profils des cames d'ouverture (C1) et de fermeture (C2) sont tels qu'il existe une période de repos pendant laquelle la soupape (2) est en position de fermeture, le piston navette (Pa) est à son point mort haut et les pistons d'ouverture (P1) et de fermeture (P2) sont à leurs points mort bas, permettant de compenser les fuites de la cavité (9) pour recalibrer le volume de référence de fluide via une communication unidirectionnelle (32, 33) avec une source de fluide (34) à une pression insuffisante pour déplacer le piston navette (Pa). 20 25 30 35
9. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il commande en synchronisme un nombre N de soupapes (2) identiques, et comporte un nombre P de pistons d'ouverture (P1) synchrones entre eux actionnés par Q cames d'ouverture (C1) identiques, un nombre R de pistons de fermeture (P2) synchrones entre eux actionnés par S cames de fermeture (C2) identiques et au moins un piston navette (Pa), le volume global déplacé par les P pistons d'ouvertures (P1) entre leur point mort bas et leur point mort haut étant identique au volume global déplacé par les R pistons de fermeture (P2) entre leur point mort bas et leur point mort haut, et étant également identique au volume global déplacé par le (les) piston(s) navette(s) (Pa) entre son (leur) point mort bas et son (leur) point mort haut.** 40 45 50
10. Ensemble de deux dispositifs selon l'une des revendications 1 à 8, destiné à actionner chacun une seule soupape (2), **caractérisé en ce qu'ils partagent une 55**
- came d'ouverture unique (C1) et une came de fermeture unique (C2) communes, de façon à assurer le synchronisme de l'ouverture et de la fermeture desdites soupapes (2).
- 5
11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il actionne au moins deux soupapes identiques (2a, 2b), via un palonnier (39) ou un culbuteur de synchronisation.**
12. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le corps (8) comporte une cavité indéformable additionnelle (57), communiquant avec la cavité (9) via un premier cylindre (10), et communiquant avec l'extérieur via un deuxième cylindre rectiligne (58a) de section inférieure à celle du premier cylindre (10), parallèle et en regard du premier cylindre (10), ainsi que via un troisième cylindre rectiligne (58b), la cavité additionnelle (57) communiquant de façon unidirectionnelle avec une source de fluide sous pression (34), et **en ce qu'un premier piston (Ps) coulisse dans le premier cylindre (10), un second piston (Psa) coulisse dans le second cylindre (58a), le second piston (Psa) étant relié au premier piston (Ps) et à une première soupape (2a), d'axe parallèle aux premier et second pistons (Ps, Psa), un troisième piston (Psb) coulisse dans le troisième cylindre (58b), le troisième piston (Psb) étant relié à une seconde soupape (2b), d'axe parallèle au troisième piston (Psb), et en ce que la cavité additionnelle (57) contient un volume de fluide sensiblement incompressible qui est égal au volume de ladite cavité additionnelle (57) lorsque les première et seconde soupapes (2a, 2b) reposent sur leurs sièges en position fermée desdites soupapes (2a, 2b).** 30 35 40 45 50
13. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les premier et second arbres (35, 36) sont coaxiaux.
14. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'effacement de la première butée (17) de point mort bas du piston navette (Pa), de manière à ce que ledit piston (Pa) puisse aspirer la somme algébrique des volumes de fluide refoulés par le piston d'ouverture (P1) et le piston de fermeture (P2), afin d'empêcher l'ouverture de la soupape (2) quel que soit l'angle de déphasage entre l'arbre d'ouverture et l'arbre de fermeture.**
15. Procédé de fonctionnement d'un dispositif de commande selon l'une des revendications 2 à 14, **caractérisé en ce qu'à chaque révolution des arbres il exécute un cycle d'ouverture et de fermeture de la soupape (2) comportant les étapes successives consistant à, depuis une position de repos du dispositif**

de commande dans laquelle la soupape (2) repose sur son siège (4), dans laquelle les pistons d'ouverture (P1) et de fermeture (P2) sont à leur point mort bas et dans laquelle le piston navette (Pa) est à son point mort haut :

- déplacer le piston de fermeture (P2) de son point mort bas à son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe montante (C22) de la came de fermeture (C2), de façon à repousser le piston navette (Pa) de son point mort haut à son point mort bas afin d'armer le dispositif de commande, le piston d'ouverture (P1) restant à son point mort bas, par l'intermédiaire de l'arc de cercle de base (C11) de la came d'ouverture (C1), 5
- déplacer le piston d'ouverture (P1) par l'intermédiaire de la rampe montante (C12) de la came d'ouverture (C1), de façon à commencer à ouvrir la soupape (2), le piston de fermeture (P2) restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle (C23) de la came de fermeture (C2), 10
- régler la levée et la durée d'ouverture de la soupape (2) en déphasant la came de fermeture (C2) par rapport à la came d'ouverture (C1) pour déplacer le piston de fermeture (P2) à partir de son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C24) de la came de fermeture (C2), à un moment quelconque de la course de refoulement du piston d'ouverture (P1), par l'intermédiaire de la rampe montante (C12) de la came d'ouverture (C1), avant qu'il rejoigne son point mort haut, 15
- poursuivre le déplacement du piston de fermeture (P2) jusqu'à son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C24) de la came de fermeture (C2), de façon à fermer la soupape (2), le piston d'ouverture (P1) restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle (C13) de la came d'ouverture (C1), 20
- déplacer le piston d'ouverture (P1) vers son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C14) de la came d'ouverture (C1), de manière à déplacer le piston navette (Pa) de son point mort bas à son point mort haut et à désarmer le dispositif de commande, 25
- déplacer le piston de fermeture (P2) de son point mort bas à son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe montante (C22) de la came de fermeture (C2), de façon à repousser le piston navette (Pa) de son point mort haut à son point mort bas, par l'intermédiaire de l'arc de cercle de base (C11) de la came d'ouverture (C1), 30
- régler la levée et la durée d'ouverture de la soupape (2) en déphasant la came de fermeture (C2) par rapport à la came d'ouverture (C1) pour déplacer le piston de fermeture (P2) à partir de son point mort haut, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C24) de la came de fermeture (C2), à un moment quelconque de la course de refoulement du piston d'ouverture (P1), par l'intermédiaire de la rampe montante (C12) de la came d'ouverture (C1), avant qu'il rejoigne son point mort haut, 35
- poursuivre le déplacement du piston de fermeture (P2) jusqu'à son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C24) de la came de fermeture (C2), de façon à fermer la soupape (2), le piston d'ouverture (P1) restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle (C13) de la came d'ouverture (C1), 40
- déplacer le piston d'ouverture (P1) vers son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante (C14) de la came d'ouverture (C1), de manière à déplacer le piston navette (Pa) de son point mort bas à son point mort haut et à désarmer le dispositif de commande, 45

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung zumindest eines Ventils (2), beispielsweise bei einem Hubkolbenmotor, das in eine geradlinige Hin- und Herschiebebewegung versetzt wird, die dazu bestimmt ist, eine Öffnung mit Dichtsitz (4) zu öffnen bzw. zu schließen, wobei das Ventil (2) ein Federrückstellmittel (5) zum Rück-

stellen in eine Schließstellung aufweist, wobei die Vorrichtung einen Körper (8) mit einem unverformbaren Hohlraum (9) aufweist, der über zumindest vier geradlinige Zylinder (10, 11, 12, 13) ausschließlich mit dem Außenbereich kommuniziert, die mit vier jeweiligen Kolben (P1, P2, Pa, Ps) verschlossen sind, die mit einer Hin- und Herbewegung zwischen einem unteren Totpunkt, der vom Inneren des Hohlraums (9) entfernt liegt, und einem oberen Totpunkt verstellbar sind, der dem Inneren des Hohlraums (9) angenähert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolben ein Kolben (Ps), der mechanisch mit dem Ventil (2) verbunden und seinem Rückstellmittel (5) entgegen gerichtet ist, ein Öffnungskolben (P1), der über eine Öffnungssteuerkurve (C1) betätigt wird, die über eine erste Welle drehend angetrieben wird, ein Schließkolben (P2), der über eine Schließsteuerkurve (C2) betätigt wird, die über eine zweite Welle drehend angetrieben wird, die sich synchron zur ersten Welle dreht und gegenüber der ersten Welle um einen im Betrieb einstellbaren Winkel versetzt angeordnet sein kann, und ein Pendelkolben (Pa) sind, der sich zwischen einem ersten festen Anschlag (17), der den unteren Totpunkt definiert, und einem zweiten festen Anschlag (16) verlagert, der den oberen Totpunkt definiert, zu dem hin der Pendelkolben (Pa) über ein Federmittel (18) zurückgestellt wird, dass der Abschnitt des Hohlraums (9), der von den Kolben (P1, P2, Pa, Ps) eingegrenzt wird, mit einem bestimmten, konstanten Referenzvolumen an im Wesentlichen inkompressiblen Hydraulikmedium dann gefüllt wird, wenn das Ventil (2) auf seinen Sitz (4) aufliegt, wenn der Öffnungskolben (P1) und der Schließkolben (P2) an ihrem unteren Totpunkt sind und wenn der Pendelkolben (Pa) an seinem oberen Totpunkt ist, dass der Öffnungskolben (P1), der Schließkolben (P2) und der Pendelkolben (Pa) einen gemeinsamen Hubraum haben und das gleiche Volumen an Medium zwischen ihrem unteren Totpunkt und ihrem oberen Totpunkt verlagern, und dass die Federrückstellmittel (18, 5) des Pendelkolbens (Pa) und des Ventils (2) derart sind, dass der Druck des Mediums, der für die Verlagerung des Pendelkolbens (Pa) bis zu seinem unteren Totpunkt erforderlich ist, geringer ist als der zum Öffnen des Ventils (2) erforderliche Druck.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Welle im Betrieb gegenüber der ersten Welle bis zu einem maximalen Phasenverschiebungswinkel vorgerückt werden kann, wobei die Öffnungssteuerkurve (C1) und die Schließsteuerkurve (C2) jeweils einen Basiskreisbogen (C11, C21) und einen einzigen Lappen aufweisen, dessen Profil aus einer ansteigenden Rampe (C12, C22) besteht, über welche der entsprechende Kolben (P1, P2) von seinem unteren Totpunkt zu

- seinem oberen Totpunkt verlagert werden kann und der ein zweiter Kreisbogen (C13, C23) folgt, der konzentrisch zum Basiskreis (C11, C21) verläuft und im Durchmesser größer als dieser ist, wodurch es möglich ist, den Öffnungskolben (P1) und den Schließkolben (P2) an ihrem oberen Totpunkt festzulegen, dem eine absteigende Rampe (C14, C24) folgt, über welche der Öffnungskolben (P1) und der Schließkolben (P2) zu ihrem unteren Totpunkt zurückgeführt werden können, wobei der Öffnungswinkel (α_{11}) des Basiskreisbogens (C11) der Öffnungssteuerkurve (C1) zumindest gleich dem Öffnungswinkel (α_{22}) der ansteigenden Rampe (C22) der Schließsteuerkurve (C2) ist, erhöht um den maximalen Phasenverschiebungswinkel, wobei der Öffnungswinkel (α_{21}) des Basiskreisbogens (C21) der Schließsteuerkurve (C2) zumindest gleich dem Öffnungswinkel (α_{14}) der absteigenden Rampe (C14) der Öffnungssteuerkurve (C1) ist, erhöht um den maximalen Phasenverschiebungswinkel. 5
3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** über den gesamten Phasenverschiebungsbereich die relative Winkellage der ersten und der zweiten Welle derart ist, dass der Öffnungskolben (P1) unter der Wirkung der ansteigenden Rampe (C12) der Öffnungssteuerkurve (C1) seinen unteren Totpunkt verlässt, nachdem der Pendelkolben (Pa) unter der Wirkung der ansteigenden Rampe (C22) der Schließsteuerkurve (C2) seinen oberen Totpunkt erreicht hat, und dass der Schließkolben (P2) unter der Wirkung der absteigenden Rampe (C24) der Schließsteuerkurve (C2) seinen unteren Totpunkt erreicht, bevor der Öffnungskolben (P1) unter der Wirkung der absteigenden Rampe (C14) der Öffnungssteuerkurve (C1) seinen oberen Totpunkt verlässt. 10
4. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Winkellage der Wellen derart definiert ist, dass bei einem Phasenverschiebungswinkel von null zwischen der ersten und der zweiten Welle, welcher der maximalen Öffnungsduer des Ventils entspricht, der Schließkolben (P2) seinen oberen Totpunkt verlässt, nachdem der Öffnungskolben (P1) den seinigen erreicht hat, so dass ein anfänglicher Phasenverschiebungsbereich geschaffen wird, bei dem das Ventil (2) zwischen seiner Öffnungs- und seiner Schließphase für eine gewisse Zeit in seinem maximalen Hub verbleibt. 15
5. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Winkellage der Wellen derart definiert ist, dass bei einem Phasenverschiebungswinkel von null zwischen der ersten und der zweiten Welle, der Schließkolben (P2) seinen oberen Totpunkt verlässt, bevor der Öffnungskolben (P1) den seinigen erreicht. 20
6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der maximale Phasenverschiebungswinkel der Schließsteuerkurve (C2) gegenüber der Öffnungssteuerkurve (C1) ausreicht, damit der Schließkolben (P2) seinen oberen Totpunkt verlässt, bevor der Öffnungskolben (P1) seinen unteren Totpunkt verlässt und damit zu jedem Zeitpunkt der Öffnungsphase des Ventils das Volumen an Medium, das vom Schließkolben (P2) ausgehend von seinem oberen Totpunkt angesaugt wird, größer ist als das Volumen an Medium, das vom Öffnungskolben (P1) ausgehend von seinem unteren Totpunkt verdrängt wird, so dass bei einer verdrängten Gesamtdurchsatzmenge, die geringer oder gleich dem gemeinsamen Hubraum ist, das Ventil (2) während der gesamten Zyklusdauer geschlossen bleibt und der Pendelkolben (Pa) seinen unteren Totpunkt verlässt und wiedererreicht, um das Volumen des Hohlraums auf seinem Referenzwert zu halten. 25
7. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelöffnungsduer des Ventils (2) sowie sein Hub im Betrieb eingestellt werden, indem der Phasenverschiebungswinkel der zweiten Welle verändert wird und die erste Welle fest gehalten wird, oder umgekehrt, oder auch indem zugleich der Phasenverschiebungswinkel einer jeden Welle bezüglich einer die Wellen antreibenden Kurbelwelle verändert wird. 30
8. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Profile der Öffnungs- (C1) und der Schließsteuerkurve (C2) derart sind, dass eine Ruhezeit besteht, während der das Ventil (2) in Schließstellung ist, der Pendelkolben (Pa) an seinem oberen Totpunkt ist und der Öffnungs- (P1) und der Schließkolben (P2) an ihren unteren Totpunkten sind, wodurch es möglich ist, Lecks aus dem Hohlraum (9) auszugleichen, um bei einem zum Verlagern des Pendelkolbens (Pa) ungenügenden Druck das Referenzvolumen des Mediums über eine unidirektionale Kommunikation (32, 33) mit einer Mediumsquelle (34) neu zu kalibrieren. 35
9. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Anzahl N von identischen Ventilen (2) synchron steuert und eine Anzahl P von Öffnungskolben (P1) aufweist, die zueinander synchron sind und über Q identische Öffnungssteuerkurven (C1) betätigt werden, sowie eine Anzahl R von Schließkolben (P2), die zueinander synchron sind und über S identische Schließsteuerkurven (C2) betätigt werden, und zumindest einen Pendelkolben (Pa), wobei das über die P Öffnungskolben (P1) zwischen ihrem unteren Totpunkt und

- ihrem oberen Totpunkt verlagerte Gesamtvolumen identisch zum Gesamtvolumen ist, das über die R Schließkolben (P2) zwischen ihrem unteren Totpunkt und ihrem oberen Totpunkt verlagert wird und auch identisch zu dem Gesamtvolumen ist, das über den bzw. die Pendelkolben (Pa) zwischen seinem/ihrem unteren Totpunkt und seinem/ihrem oberen Totpunkt verlagert wird. 5
10. Anordnung von zwei Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, von denen jede dazu bestimmt ist, ein einziges Ventil (2) zu betätigen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie sich eine einzige Öffnungssteuerkurve (C1) und eine einzige Schließsteuerkurve (C2) teilen, die sie gemein haben, so dass der Gleichlauf beim Öffnen und beim Schließen der Ventile (2) sichergestellt ist. 15
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zumindest zwei identische Ventile (2a, 2b) über einen Steuerhebel (39) oder einen Synchronisationskipphobel betätigt. 20
12. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Körper (8) einen zusätzlichen unverformbaren Hohlraum (57) aufweist, der über einen ersten Zylinder (10) mit dem Hohlraum (9) kommuniziert und über einen geradlinigen zweiten Zylinder (58a) mit dem Außenbereich kommuniziert, der einen geringeren Querschnitt als der erste Zylinder (10) aufweist und parallel und entgegengesetzt zum ersten Zylinder (10) verläuft, so- 25 wie über einen dritten geradlinigen Zylinder (58b), wobei der zusätzliche Hohlraum (57) unidirektional mit einer Druckmediumsquelle (34) kommuniziert, und dass ein erster Kolben (Ps) in dem ersten Zy- 30 linder (10) gleitet und ein zweiter Kolben (Psa) in dem zweiten Zylinder (58a) gleitet, wobei der zweite Kolben (Psa) mit dem ersten Kolben (Ps) und mit einem ersten Ventil (2a) verbunden ist, dessen Achse parallel zum ersten und zum zweiten Kolben (Ps, Psa) verläuft, dass ein dritter Kolben (Psb) in dem dritten Zylinder (58b) gleitet, wobei der dritte Kolben (Psb) mit einem zweiten Ventil (2b) verbunden ist, 35 dessen Achse parallel zum dritten Kolben (Psb) ist, und dass der zusätzliche Hohlraum (57) ein im We- 40 sentlichen inkompressibles Mediumvolumen ent- hält, das dann gleich dem Volumen des zusätzlichen Hohlraums (57) ist, wenn das erste und das zweite Ventil (2a, 2b) auf ihren Sitzen in Schließstellung der 45 Ventile (2a, 2b) aufliegen. 50
13. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und die zweite Welle (35, 36) koaxial verlaufen. 55
14. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Ein- richtung zum Aufheben des ersten Anschlags (17) am unteren Totpunkt des Pendelkolbens (Pa) aufweist, so dass der Kolben (Pa) die algebraische Summe der Mediumvolumen ansaugen kann, die von dem Öffnungskolben (P1) und dem Schließkolben (P2) verdrängt werden, um das Öffnen des Ven- 5
- tils (2) unabhängig vom Phasenverschiebungswinkel zwischen der Öffnungswelle und der Schließwel- le zu verhindern. 10
15. Verfahren zum Betreiben einer Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei jeder Umdrehung der Wel- len ein Öffnungs- und Schließzyklus des Ventils (2) erfolgt, der die aufeinanderfolgenden Schritte um- fasst, die darin bestehen, ausgehend von einer Ru- 15 hestellung der Steuervorrichtung, in welcher das Ventil (2) auf seinem Sitz (4) aufliegt, in welcher der Öffnungs- (P1) und der Schließkolben (P2) an ihrem unteren Totpunkt sind und in welcher der Pendelkolben (Pa) an seinem oberen Totpunkt ist:
- Verlagern des Schließkolbens (P2) von seinem unteren Totpunkt zu seinem oberen Totpunkt über die ansteigende Rampe (C22) der Schließsteuerkurve (C2), so dass der Pendel- 20 kolben (Pa) von seinem oberen Totpunkt zu sei- nem unteren Totpunkt verschoben wird, um die Steuervorrichtung zu spannen, wobei der Öff- 25 nungskolben (P1) an seinem unteren Totpunkt verbleibt, und zwar über den Basiskreisbogen (C11) der Öffnungssteuerkurve (C1),
 - Verlagern des Öffnungskolbens (P1) über die ansteigende Rampe (C12) der Öffnungssteuer- 30 kurve (C1), so dass das Ventil (2) zu öffnen be- 35 ginnst, wobei der Schließkolben (P2) an seinem oberen Totpunkt verbleibt, und zwar über den zweiten Kreisbogen (C23) der Schließsteuer- 40 kurve (C2),
 - Einstellen des Hubs und der Öffnungsdauer des Ventils (2), indem die Schließsteuerkurve (C2) gegenüber der Öffnungssteuerkurve (C1) phasenverschoben wird, um den Schließkolben (P2) ausgehend von seinem oberen Totpunkt über die absteigende Rampe (C24) der Schließsteuerkurve (C2) zu einem beliebigen Zeitpunkt des Druckhubs des Öffnungskolbens (P1) über die ansteigende Rampe (C12) der Öff- 45 nungssteuerkurve (C1) zu verlagern, bevor er wieder seinen oberen Totpunkt erreicht,
 - Fortsetzen der Verlagerung des Schließkol- 50 bens (P2) bis zu seinem unteren Totpunkt über die absteigende Rampe (C24) der Schließsteuer- 55 kurve (C2), so dass das Ventil (2) geschlossen wird, wobei der Öffnungskolben (P1) an seinem oberen Totpunkt verbleibt, und zwar über den zweiten Kreisbogen (C13) der Öffnungssteuer- 60 kurve (C1),

- Verlagern des Öffnungskolbens (P1) zu seinem unteren Totpunkt über die absteigende Rampe (C14) der Öffnungssteuerkurve (C1), so dass der Pendelkolben (Pa) von seinem unteren Totpunkt zu seinem oberen Totpunkt verlagert wird und die Steuervorrichtung entspannt wird.

Claims

1. A control device for actuating at least one valve (2), e.g. for a reciprocating engine, the valve being driven with reciprocating motion in rectilinear translation to open or close an orifice having a sealing seat (4), said valve (2) including resilient return means (5) urging it towards a closed position, said device comprising a body (8) including a non-deformable cavity (9) communicating exclusively with the outside via at least four rectilinear cylinders (10, 11, 12, 13) that are closed respectively by four pistons (P1, P2, Pa, Ps), each of which is movable in reciprocating motion between a respective bottom dead-center remote from the inside of the cavity (9) and a top dead-center close to the inside of the cavity (9), the device being characterized in that said pistons comprise a piston (Ps) mechanically connected to the valve (2) and opposing its return means (5), an opening piston (P1) actuated by an opening cam (C1) that is driven in rotation by a first shaft, a closing piston (P2) actuated by a closing cam (C2) that is driven in rotation by a second shaft that rotates synchronously with the first shaft and that may be offset in operation relative to the first shaft through an adjustable angle, and a shuttle piston (Pa) movable between a first stationary abutment (17) defining its bottom dead-center and a second stationary abutment (16) defining its top dead-center, the shuttle piston (Pa) being urged towards its top dead-center by resilient means (18), in that the portion of the cavity (9) that extends between the pistons (P1, P2, Pa, Ps) is filled with a constant reference volume of substantially incompressible hydraulic fluid that is defined when the valve (2) rests against its seat (4), when the opening and closing pistons (P1, P2) are at their bottom dead-centers, and when the shuttle piston (Pa) is at its top dead-center, in that the opening piston (P1), the closing piston (P2), and the shuttle piston (Pa) have a common cylinder capacity and move the same volume of fluid between their bottom and top dead-centers and in that the resilient return means (18, 5) of the shuttle piston (Pa) and of the valve (2) are such that the fluid pressure needed for moving the shuttle piston (Pa) to its bottom dead-center is less than the pressure needed for opening the valve (2).
2. A control device according to claim 1, characterized in that the second shaft may be advanced in operation relative to the first shaft up to a maximum

phase-shift angle, the opening and closing cams (C1, C2) each comprising a base circular arc (C11, C21) and a single lobe of profile that is constituted by a rising ramp (C12, C22) enabling the corresponding piston (P1, P2) to be moved from its bottom dead-center to its top dead-center, followed by a second circular arc (C13, C23) concentric with the base circle (C11, C21) and of greater diameter, enabling the opening and closing pistons (P1, P2) to be held stationary in their top dead-centers, followed by a descending ramp (C14, C24) enabling the opening and closing pistons (P1, P2) to be returned towards their bottom dead-centers, the central angle (α_{11}) of the base circular arc (C11) of the opening cam (C1) being not less than the central angle (α_{22}) of the rising ramp (C22) of the closing cam (C2) plus the maximum phase-shift angle, the central angle (α_{21}) of the base circular arc (C21) of the closing cam (C2) being not less than the central angle (α_{14}) of the descending ramp (C14) of the opening cam (C1) plus the maximum phase-shift angle.

3. A control device according to claim 2, characterized in that, over the entire phase-shift range, the relative angular setting of the first and second shafts is such that the opening piston (P1) leaves its bottom dead-center under the action of the rising ramp (C12) of the opening cam (C1) after the shuttle piston (Pa) has reached its top dead-center under the action of the rising ramp (C22) of the closing cam (C2), and such that the closing piston (P2) reaches its bottom dead-center under the action of the descending ramp (C24) of the closing cam (C2) before the opening piston (P1) leaves its top dead-center under the action of the descending ramp (C14) of the opening cam (C1).
4. A control device according to claim 3, characterized in that the relative angular setting of the shafts is defined in such a manner that, for a zero phase-shift angle between the first and second shafts, which angle corresponds to the maximum duration of valve opening, the closing piston (P2) leaves its top dead-center after the opening piston (P1) has reached its top dead-center, thereby creating an initial phase-shift range in which the valve (2) remains stationary for a certain length of time at its maximum lift between its opening and closing stages.
5. A control device according to claim 3, characterized in that the relative setting of the shafts is defined in such a manner that, for a zero phase-shift angle between the first and second shafts, the closing piston (P2) leaves its top dead-center before the opening piston (P1) reaches its top dead-center.
6. A control device according to any one of claims 2 to 5, characterized in that the maximum phase-shift

- angle of the closing cam (C2) relative to the opening cam (C1) is sufficient for the closing piston (P2) to leave its top dead-center before the opening piston (P1) leaves its bottom dead-center, and, at all times during the opening stage of the valve, for the volume of fluid sucked in by the closing piston (P2) from its top dead-center to be greater than the volume of fluid delivered by the opening piston (P1) from its bottom dead-center, such that the total flow delivered remains less than or equal to the common cylinder capacity, the valve (2) remaining closed throughout the duration of the cycle and the shuttle piston (Pa) leaving and returning to its bottom dead-center so as to keep the volume of the cavity at its reference value.
7. A control device according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** the angular duration of the opening of the valve (2) and its lift are adjusted in operation by modifying the phase-shift angle of the second shaft while not shifting the first shaft, or vice versa, or indeed while simultaneously modifying the phase-shift angle of each of the shafts relative to a crank shaft driving said shafts.
8. A control device according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** the profiles of the opening and closing cams (C1, C2) are such that a rest period exists during which the valve (2) is in its closed position, the shuttle piston (Pa) is at its top dead-center, and the opening and closing pistons (P1, P2) are at their bottom dead-centers, thereby enabling leaks from the cavity (9) to be compensated in order to recalibrate the reference volume of fluid via one-way communication (32, 33) with a source (34) of fluid at a pressure that is not sufficient to move the shuttle piston (Pa).
9. A control device according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** it controls a number N of identical valves (2) synchronously and has a number P of mutually synchronous opening pistons (P1) that are actuated by Q identical opening cams (C1), a number R of mutually synchronous closing pistons (P2) that are actuated by S identical closing cams (C2), and at least one shuttle piston (Pa), the total volume moved by the P opening pistons (P1) between their bottom dead-centers and their top dead-centers being identical to the total volume moved by the R closing pistons (P2) between their bottom dead-centers and their top dead-centers, and also being identical to the total volume moved by the shuttle piston(s) (Pa) between its(their) bottom and top dead-centers.
10. A set of two devices according to any one of claims 1 to 8, each for actuating a single valve (2), the set being **characterized in that** the devices share a single opening cam (C1) and a single closing cam (C2) in common, so as to ensure that said valves (2) are open and closed synchronously.
- 5 11. A device according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** it actuates at least two identical valves (2a, 2b) via a T-bar (39) or a synchronization rocker.
- 10 12. A control device according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** the body (8) includes an additional undeformable cavity (57) communicating with the cavity (9) via a first cylinder (10) and communicating with the outside via a second cylinder (58a) that is straight and of section smaller than the section of the first cylinder (10), being parallel thereto and facing the first cylinder (10), and via a third cylinder (58b) that is straight, the additional cavity (57) communicating in unidirectional manner with a source of fluid under pressure (34), and **in that** a first piston (Ps) slides in the first cylinder (10), a second piston (Psa) slides in the second cylinder (58a), the second piston (Psa) being connected to the first piston (Ps) and to a first valve (2a) of axis parallel to the first and second pistons (Ps, Psa), a third piston (Psb) slides in the third cylinder (58b), the third piston (Psb) being connected to a second valve (2b) of axis parallel to the third piston (Psb), and **in that** the additional cavity (57) contains a volume of substantially incompressible fluid that is equal to the volume of said additional cavity (57) when the first and second valves (2a, 2b) are resting on their seats in the closed positions of said valves (2a, 2b).
- 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
13. A control device according to any one of claims 1 to 12, **characterized in that** the first and second shafts (35, 36) are coaxial.
14. A control device according to any one of claims 1 to 12, **characterized in that** it includes means for retracting the first abutment (17) for the bottom dead-center of the shuttle piston (Pa) so that said piston (Pa) can suck in the algebraic sum of the volumes of fluid delivered by the opening piston (P1) and the closing piston (P2) so as to prevent the valve (2) from opening regardless of the phase-shift angle between the opening shaft and the closing shaft.
15. A method of operating a control device according to any one of claims 2 to 14, **characterized in that** at each revolution of the shafts it executes an opening and closing cycle of the valve (2), which cycle comprises successive steps starting from a rest position of the control device in which the valve (2) rests against its seat (4), in which the opening and closing pistons (P1, P2) are at their bottom dead-centers, and in which the shuttle piston (Pa) is at its top dead-center, the steps consisting in:

moving the closing piston (P2) from its bottom dead-center to its top dead-center by means of the rising ramp (C22) of the closing cam (C2) so as to push the shuttle piston (Pa) from its top dead-center to its bottom dead-center in order to load the control device, the opening piston (P1) remaining at its bottom dead-center by means of the base circular arc (C11) of the opening cam (C1);

5

10

- moving the opening piston (P1) by means of the rising ramp (C12) of the opening cam (C1) so as to begin to open the valve (2), the closing piston (P2) remaining at its top dead-center by means of the second circular arc (C23) of the closing cam (C2);
- adjusting the lift and the duration of the opening of the valve (2) by shifting the phase of the closing cam (C2) relative to the opening cam (C1) so as to move the closing piston (P2) from its top dead-center by means of the descending ramp (C24) of the closing cam (C2) at any moment during the delivery stroke of the opening piston (P1) by means of the rising ramp (C12) of the opening cam (C1), before it reaches its top dead-center;
- continuing to move the closing piston (P2) to its bottom dead-center by means of the descending ramp (C24) of the closing cam (C2) so as to close the valve (2), the opening piston (P1) remaining at its top dead-center by means of the second circular arc (C13) of the opening cam (C1) ; and
- moving the opening piston (P1) towards its bottom dead-center by means of the descending ramp (C14) of the opening cam (C1), so as to move the shuttle piston (Pa) from its bottom dead-center to its top dead-center and unload the control device.

15

20

25

30

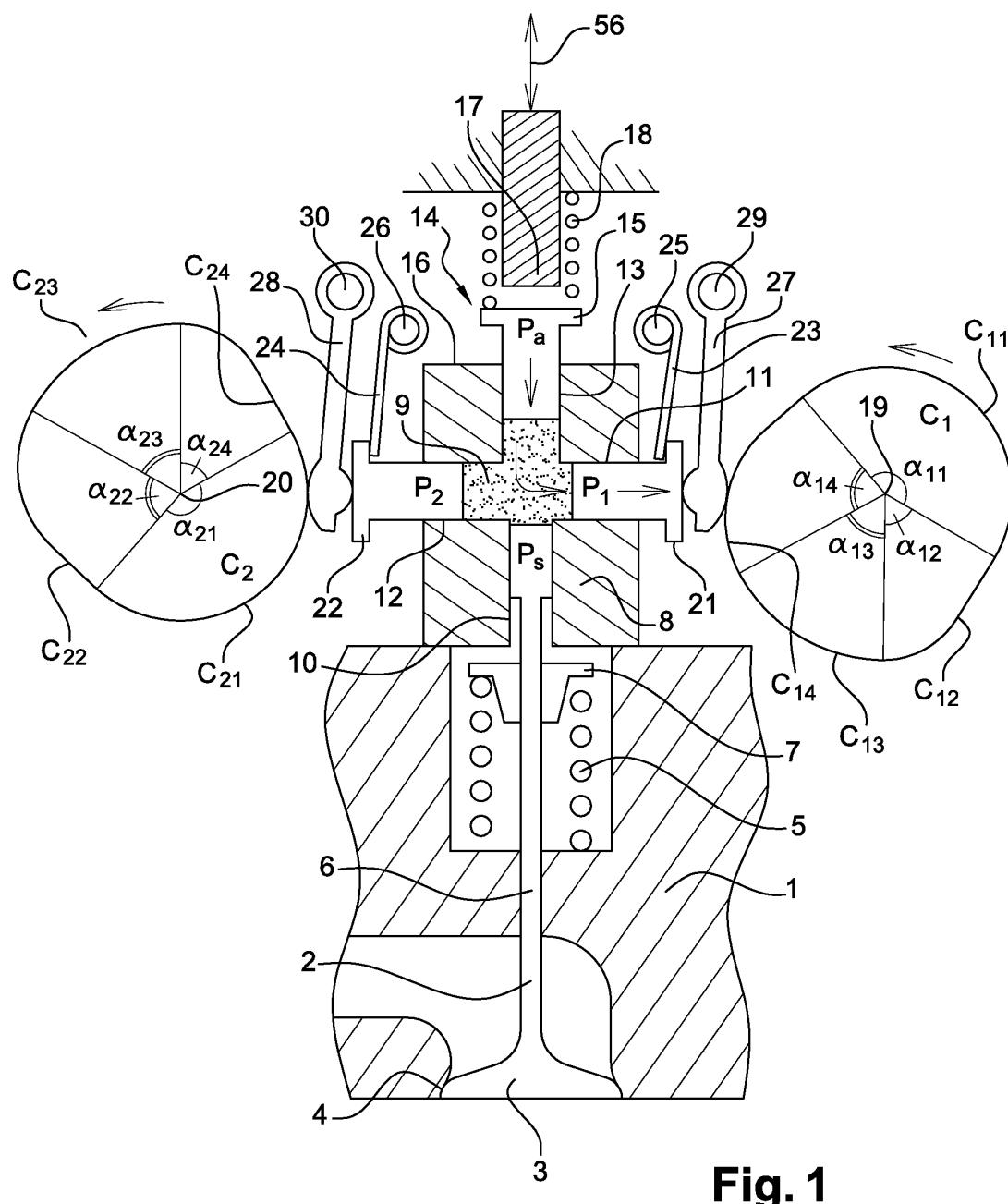
35

40

45

50

55

**Fig. 1**

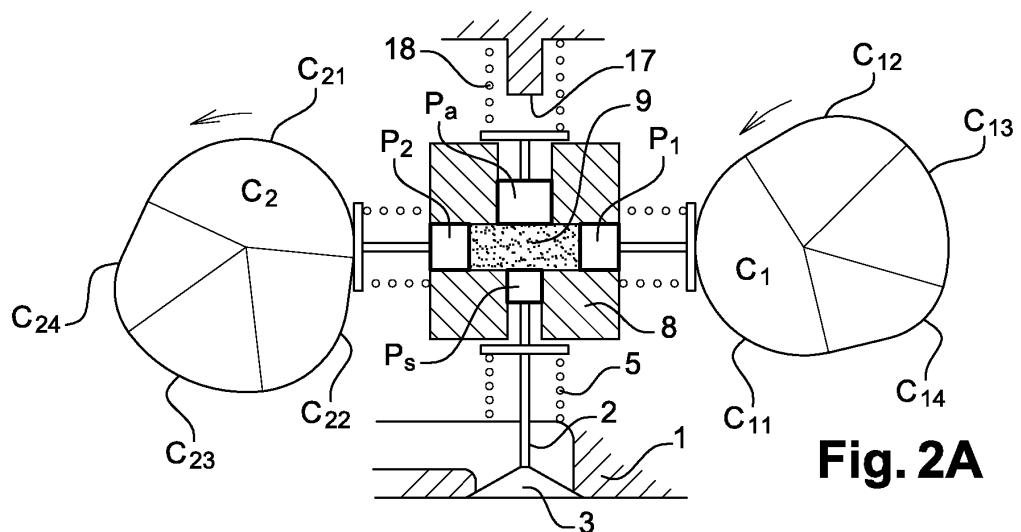


Fig. 2A

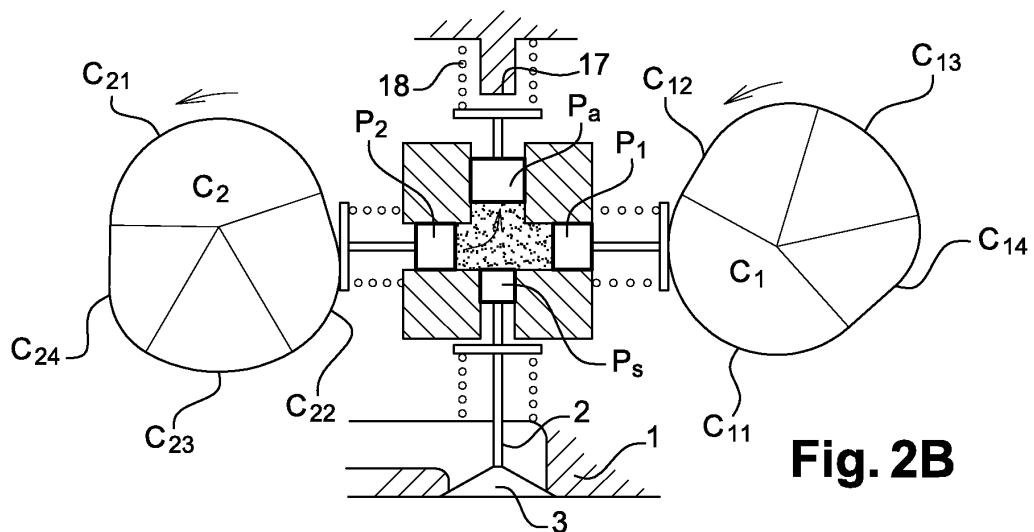


Fig. 2B

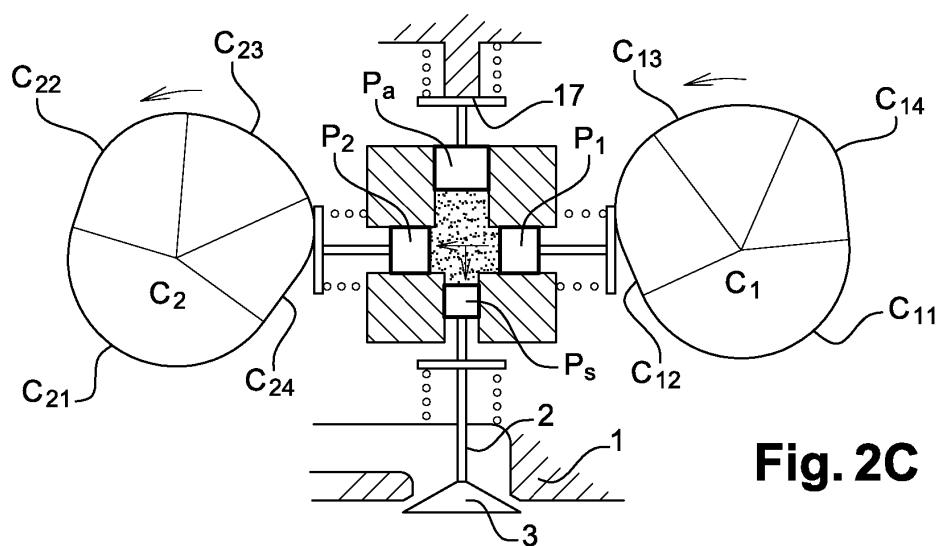


Fig. 2C

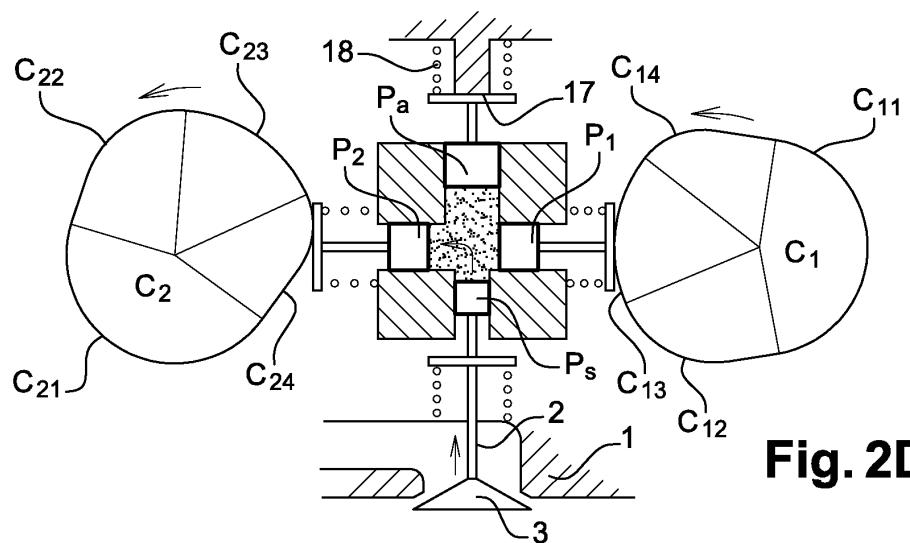


Fig. 2D

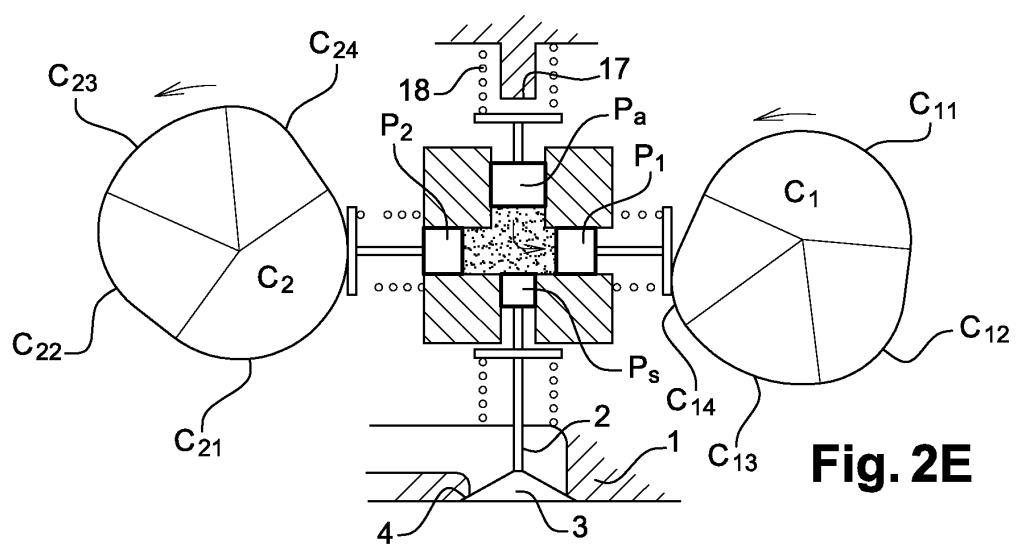


Fig. 2E

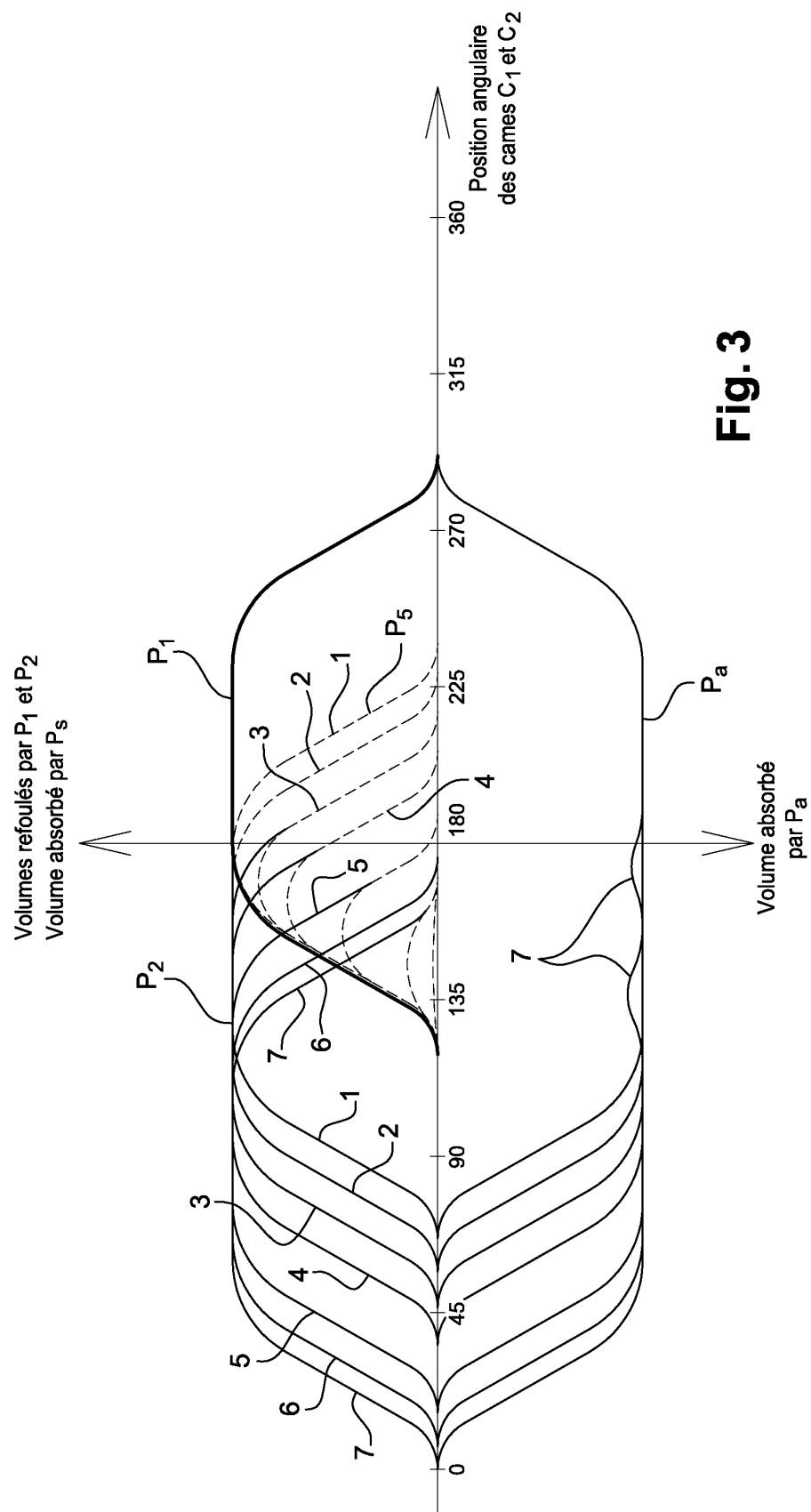
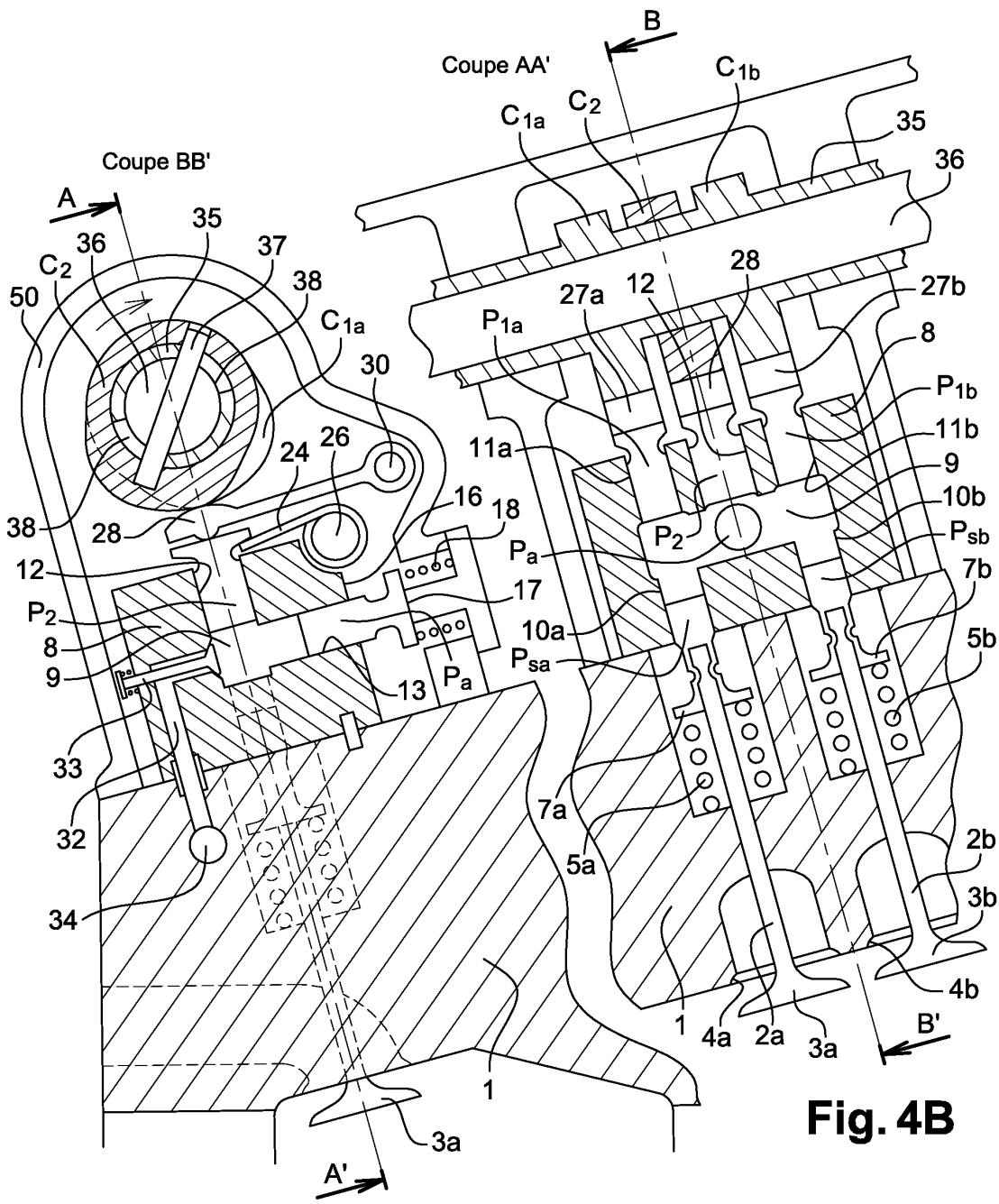


Fig. 3

**Fig. 4A****Fig. 4B**

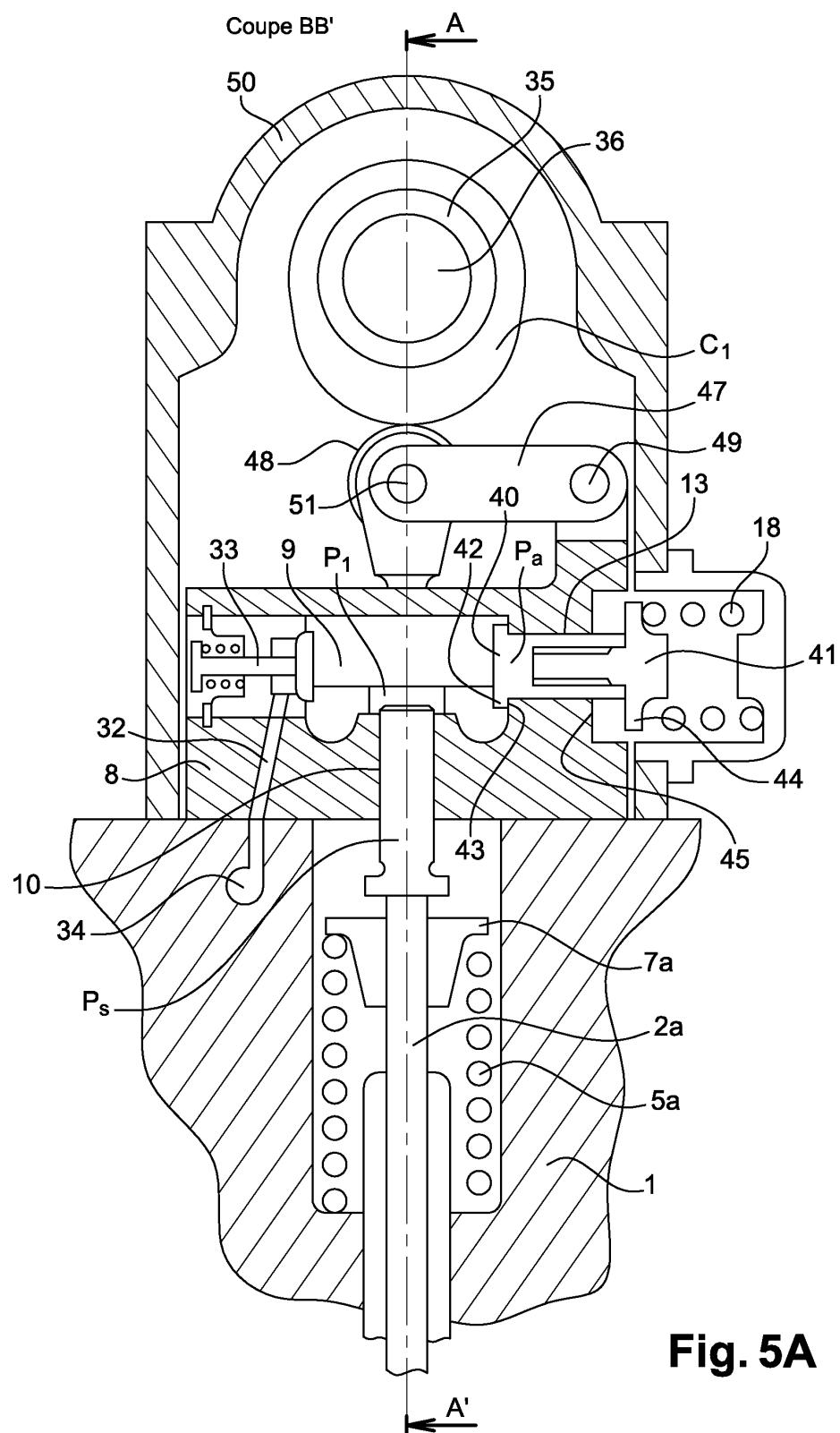


Fig. 5A

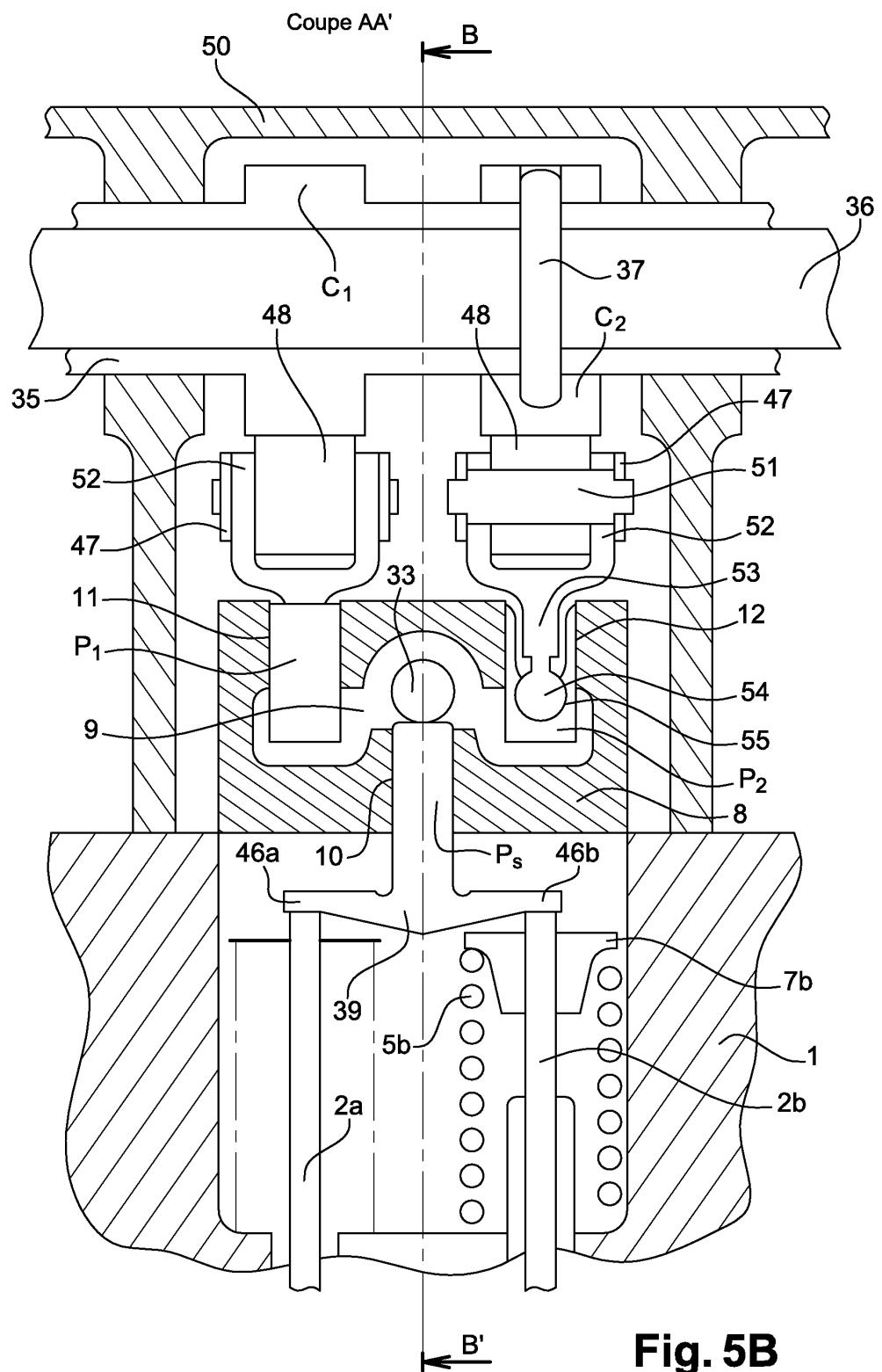
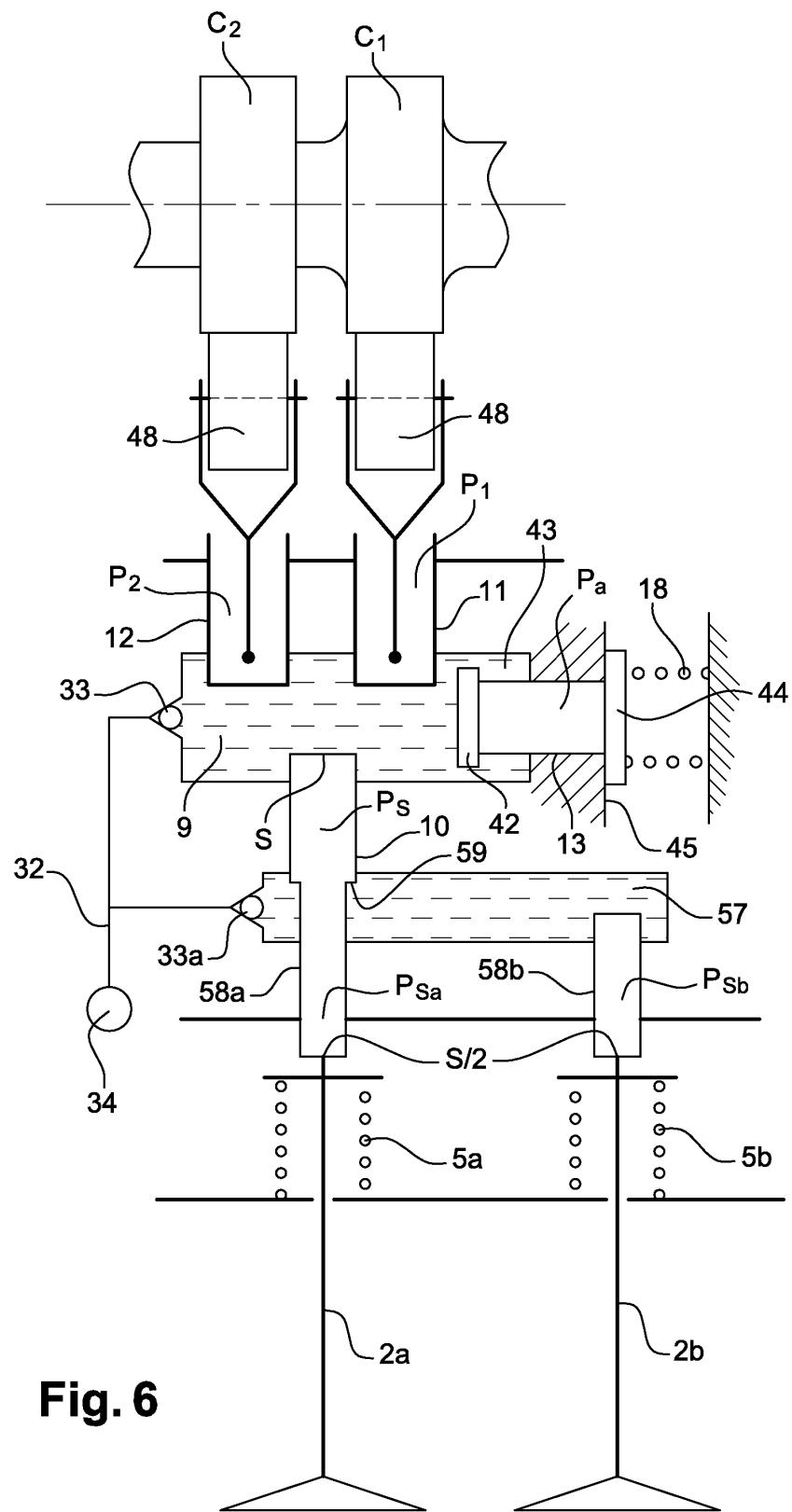


Fig. 5B

**Fig. 6**

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1039103 A [0008]
- EP 0803642 A [0009]
- EP 1344900 A [0009]
- WO 0248510 A [0011] [0064]