

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.02.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 09.08.13 Bulletin 13/32.

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

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : MELCHIOR JEAN FREDERIC — FR.

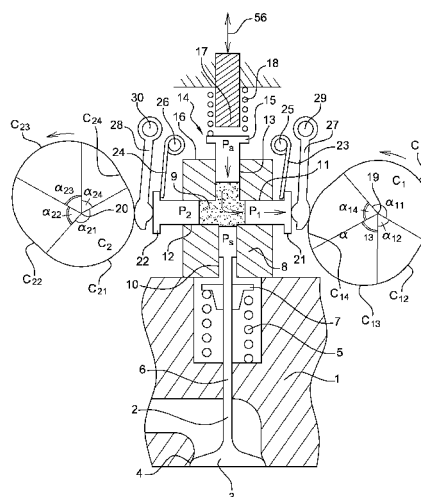
72 Inventeur(s) : MELCHIOR JEAN FREDERIC.

73 Titulaire(s) : MELCHIOR JEAN FREDERIC.

74 Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-  
RAUD SAS Société par actions simplifiée.

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

57 L'invention concerne un dispositif de commande d'au moins une soupape (2), 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 un piston d'ouverture (P1) actionné par une came d'ouverture (C1), un piston de fermeture (P2) actionné par une came de fermeture (C2), un piston navette (Pa) servant à armer ou désarmer le dispositif, et un piston (Ps) relié mécaniquement à la soupape (2). Le dispositif de commande selon l'invention permet de régler, en fonctionnement et par réglage du déphasage angulaire entre les cames d'ouverture (C1) et de fermeture (C2), la levée de la soupape (2), la durée angulaire d'ouverture de la soupape (2) et, si nécessaire, de désactiver complètement la soupape (2) sur toute la durée d'un cycle.



**Dispositif de commande variable d'au moins une soupape, par  
exemple pour un moteur alternatif**

La présente invention concerne de façon générale un dispositif de  
5 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  
10 fonctionnement d'un moteur alternatif dont la culasse porte deux arbres à  
cames coaxiaux reliés par un déphaseur, par exemple hydraulique.

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

On sait que les performances des moteurs alternatifs sont très  
15 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  
20 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  
25 fermeture des soupapes d'admission et d'échappement.

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  
30 plutôt qu'au niveau d'un papillon disposé en amont d'un collecteur  
d'admission.

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.

5 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  
10 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.

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  
15 déforme mécaniquement ou hydrauliquement.

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  
20 relativement onéreux.

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  
25 viscosité de l'huile de graissage.

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.

30 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.

- 5           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.

Le but principal de la présente invention est donc de pouvoir régler en fonctionnement la durée angulaire d'ouverture d'au moins une soupape  
10   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.

A cet effet, l'invention propose un dispositif de commande d'au moins une soupape, par exemple pour un moteur alternatif, animée d'un  
15   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  
20   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  
25   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  
30   fixe définissant le point mort bas et une seconde butée fixe définissant le point mort haut, vers laquelle le 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.

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.

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.

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 came 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.

Selon une caractéristique de l'invention, sur la totalité de la plage de  
5 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  
10 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.

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  
15 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  
20 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  
25 fluide hydraulique nécessaire à l'ouverture de la soupape.

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  
30 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.

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.

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.

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.

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.

De cette manière, il est possible de déphaser 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  
5 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.

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  
10 encore en modifiant simultanément l'angle de déphasage de chacun des arbres par rapport à un vilebrequin entraînant lesdits arbres.

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  
15 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  
20 correspondante de la soupape entre une valeur nulle et une valeur maximale.

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  
25 d'ouverture et la fin de fermeture de la soupape.

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  
30 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.

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  $P_a$  qui affermit la solidarisation mécanique entre les cames  $C1$ ,  $C2$  et la soupape, jouant ainsi le rôle de la classique rampe de silence.

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.

D'autre part, un synchronisme parfait des soupapes 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  $P_s$  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 côte à côte 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.

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.

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.

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

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  
5 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.

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

Enfin, l'invention concerne également un procédé de fonctionnement  
10 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  
15 sont à leur point mort bas et dans laquelle le piston navette est à son point mort haut :

- 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  
20 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,

- 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  
25 fermeture restant à son point mort haut, par l'intermédiaire du second arc de cercle de la came de fermeture,

- 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  
30 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,

- poursuivre le déplacement du piston de fermeture jusqu'à son point mort bas, par l'intermédiaire de la rampe descendante de la came de  
5 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  
10 d'ouverture, de manière à déplacer le piston navette de son point mort bas à son point mort haut et à désarmer le dispositif.

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  
15 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  
20 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  
25 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  
30 réalisation de l'invention, dans laquelle deux arbres coaxiaux portent trois

came 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
- 5 cames par cylindre destinées à actionner en synchronisme deux soupapes identiques ou jumelles, par l'intermédiaire d'un palonnier.

On se réfère maintenant à la figure 1 qui représente une première forme de réalisation d'un dispositif de commande selon l'invention, monté

10 sur la culasse 1 d'un moteur alternatif à combustion interne.

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,

15 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.

Le dispositif selon l'invention comporte un corps 8 fixé sur la culasse 1, par exemple par vissage, et entourant une cavité 9

20 communiquant avec l'extérieur par l'intermédiaire de quatre cylindres orthogonaux 10, 11, 12, 13.

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.

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

25 point mort bas, pour lequel la soupape 2 est ouverte à sa levée maximale réglable, c'est-à-dire est décollée du siège 4.

Les pistons P1, P2 et Pa, dits respectivement piston d'ouverture, piston de fermeture et piston navette, sont montés coulissants

30 respectivement dans les cylindres 11, 12 et 13 de la cavité 9.

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  
5 précédemment, qui n'évolue pas en fonctionnement, à l'exception d'éventuelles fuites qui peuvent être compensées, comme cela sera mieux décrit après.

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  
10 perpendiculairement aux pistons Pa et Ps.

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  
15 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.

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.

20 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).

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  
25 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.

Le dispositif selon l'invention comporte en outre des moyens de déphasage (non représentés) du second arbre par rapport au premier  
30 arbre, ou inversement.

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.

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.

Les extrémités externes des pistons P1 et P2 comportent des collerettes 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.

Les cames d'ouverture C1 et de fermeture C2 comportent 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, 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  $\alpha_{11}$  de l'arc de cercle de base C11 de la came d'ouverture C1 est au moins égale à l'ouverture angulaire  $\alpha_{22}$  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  $\alpha_{21}$  de l'arc de cercle de base C21 de la came de fermeture C2 est au moins égale à l'ouverture angulaire  $\alpha_{14}$  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.

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  
5 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.

L'ouverture angulaire  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{24}$  des rampes rapides C12, C24 est inférieure à l'ouverture angulaire  $\alpha_{14}$ ,  $\alpha_{22}$  des rampes lentes C14, C22

Les cames d'ouverture C1 et de fermeture C2 sont inversées en ce  
10 sens que la rampe rapide C24 de la came de fermeture C2 est descendante quand la rampe 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.

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

Les pistons P1 et P2 sont identiques et déplacent chacun le même  
20 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  
25 tenu de la faible inertie du piston Pa et de la lenteur des rampes C14 et C22.

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  
30 nécessaire pour ouvrir la soupape 2.

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.

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).

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.

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 élevant la pression dans la cavité 9 pour comprimer le ressort de rappel 18 du piston Pa.

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.

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.

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.

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 came 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.

- 5 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.

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

- 15 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  
20 seul angle du cycle.

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  
25 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.

Dans une autre variante, le dispositif peut comporter des moyens d'effacement de la butée 17 de point mort bas du piston navette Pa  
30 (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.

Les figures 4A et 4B illustrent un dispositif de commande selon  
5 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.

Dans cette forme de réalisation, les soupapes jumelles 2a, 2b ont  
10 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 C1a, C1b une came de fermeture C2.

Les cames d'ouvertures C1a, C1b sont disposées symétriquement  
15 de part et d'autre de la came de fermeture C2. Les profils identiques des cames C1a, C1b et celui de la came C2 sont similaires à ceux décrits précédemment.

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  
20 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  
25 perpendiculaire 13 où coulisse un piston navette Pa.

Les pistons Psa, Psb des soupapes 2a, 2b, les pistons d'ouverture P1a, P1b et le piston de fermeture P2 sont parallèles entre eux. Le piston navette Pa est orthogonal aux pistons précités Psa, Psb, P1a, P1b, P2.

L'axe du piston de fermeture P2 et l'axe du piston navette Pa sont  
30 situés dans le plan de symétrie BB' du corps 8.

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.

5 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.

Les deux cames d'ouverture C1a, C1b sont identiques, de même  
10 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'.

Comme précédemment, chaque soupape 2a, 2b comporte une  
15 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.

Chaque came C1a, C1b, C2 actionne le piston correspondant P1a, P1b, P2 par l'intermédiaire d'un linguet 27a, 27b, 28, pivotant autour d'un axe 29a, 29b 30. Les pistons d'ouverture P1a, P1b et de fermeture P2 sont  
20 maintenus au contact des linguets 27a, 27b, 28, et les linguets 27a, 27b, 28 sont maintenus au contact des cames C1a, C1b, C2, par l'intermédiaire des ressorts de rappel 23a, 23b, 24 tendant à déplacer les pistons P1a, P1b, P2 vers leur point mort bas.

La came de fermeture C2 est solidaire de l'arbre interne 36, ce  
25 dernier étant couplé à l'arbre externe 35 coaxial portant les cames d'ouverture C1a, C1b, par l'intermédiaire d'un déphaseur non représenté. Un tel déphaseur est bien connu de l'état de la technique et ne sera pas détaillé ici.

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

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 P1a, P1b.

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

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  
10 synchronisme des soupapes 2a, 2b sous réserve que leurs ressorts de rappel 5a, 5b soient parfaitement identiques.

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.

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

Un dispositif de commande selon une troisième forme de réalisation est représenté aux figures 5A et 5B. 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  
20 partir d'un circuit hydraulique dissymétrique activé par deux cames seulement.

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  
25 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.

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  
30 (figure 5B), un cylindre 11 où coulisse un piston d'ouverture P1, un cylindre servant 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 et le piston Ps du palonnier 39 sont parallèles entre eux. Le piston navette Pa est orthogonal aux pistons précités P1, P2, Ps.

Le piston navette Pa et le piston Ps du palonnier 39 ont leurs axes  
 5 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.

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

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  
 15 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.

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  
 20 déplacement du piston navette Pa jusqu'à son point mort bas est inférieure à la pression nécessaire pour ouvrir les soupapes 2a, 2b.

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.

Les extrémités libres des tiges des soupapes 2a, 2b prennent  
 25 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  
 30 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.

Chaque came C1, C2 actionne le piston correspondant P1, P2 par l'intermédiaire d'un culbuteur à rouleau articulé. Chaque culbuteur articulé  
5 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.

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  
10 centrale 53, solidarissant 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.

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

L'arbre interne 36 est couplé à l'arbre externe 35 coaxial par l'intermédiaire d'un déphaseur non représenté.

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

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.

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

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.

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

## REVENDEICATIONS

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 cames 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  
10 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  
15 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 ( $\alpha_{11}$ ) de l'arc de cercle de base (C11) de la came d'ouverture (C1) étant au moins égale à l'ouverture angulaire ( $\alpha_{22}$ ) de la rampe montante (C22) de la came de fermeture (C2), augmentée de  
20 l'angle de déphasage maximum, l'ouverture angulaire ( $\alpha_{21}$ ) de l'arc de cercle de base (C21) de la came de fermeture (C2) étant au moins égale à l'ouverture angulaire ( $\alpha_{14}$ ) de la rampe descendante (C14) de la came d'ouverture (C1) augmentée de l'angle de déphasage maximum.

                    3. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en  
25 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  
30 (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).

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.

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.

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 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.

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  
5 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  
10 unidirectionnelle (32, 33) avec une source de fluide (34) à une pression insuffisante pour déplacer le piston navette (Pa).

9. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il commande en synchronisme un nombre N de  
15 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  
20 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.

10. Ensemble de deux dispositifs selon l'une des revendications 1  
25 à 8, destiné à actionner chacun une seule soupape (2), caractérisé en ce qu'ils partagent une 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).

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en  
30 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 9, caractérisé en ce que les premier et second arbres (35, 36) sont coaxiaux.

13. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'effacement de la première  
5 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.

10 14. Procédé de fonctionnement d'un dispositif de commande selon l'une des revendications 2 à 12, 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  
15 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  
20 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),

- déplacer le piston d'ouverture (P1) par l'intermédiaire de la rampe  
25 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),

- régler la levée et la durée d'ouverture de la soupape (2) en  
30 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.

5                   - 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),

10                  - 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.

15

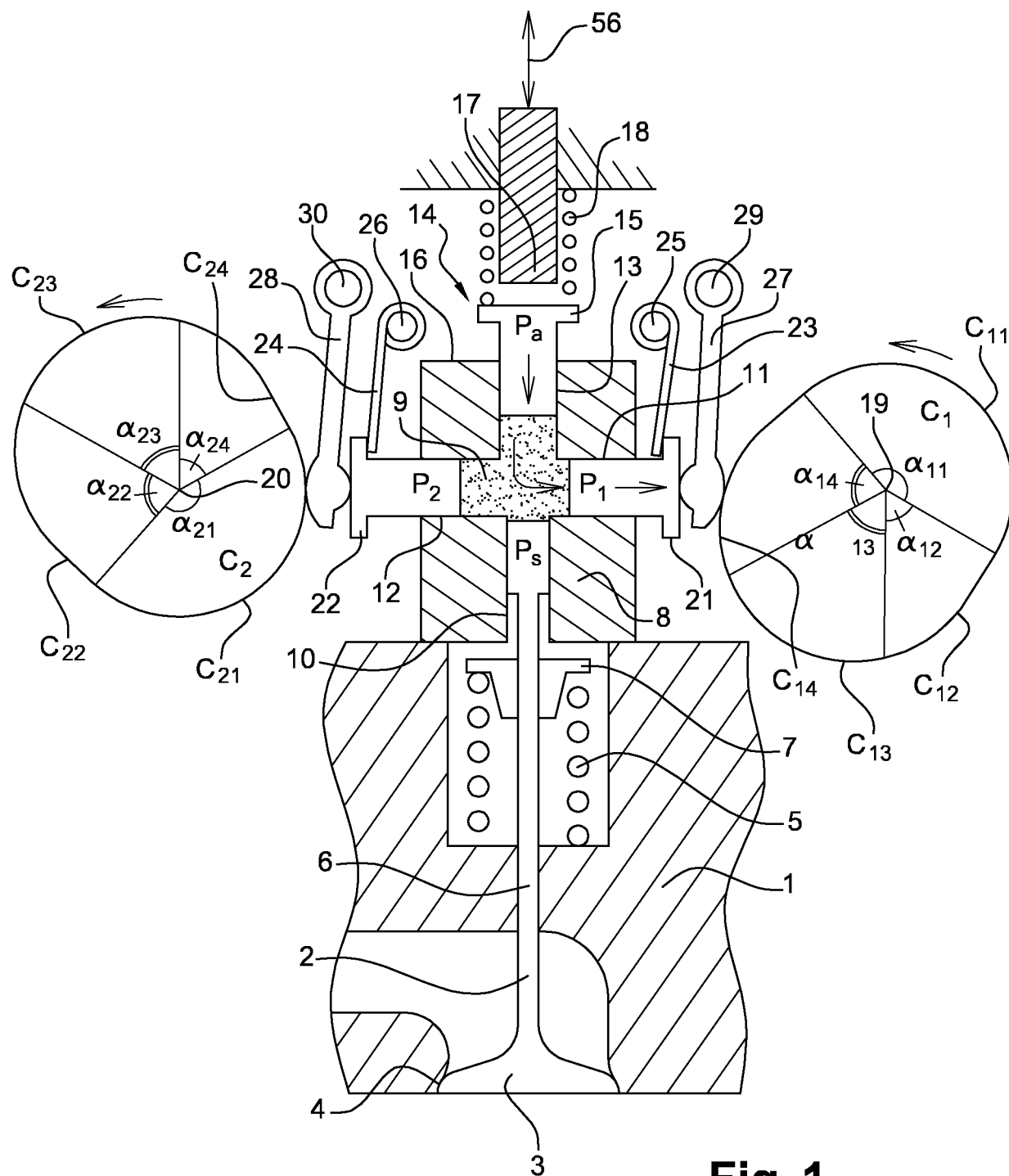
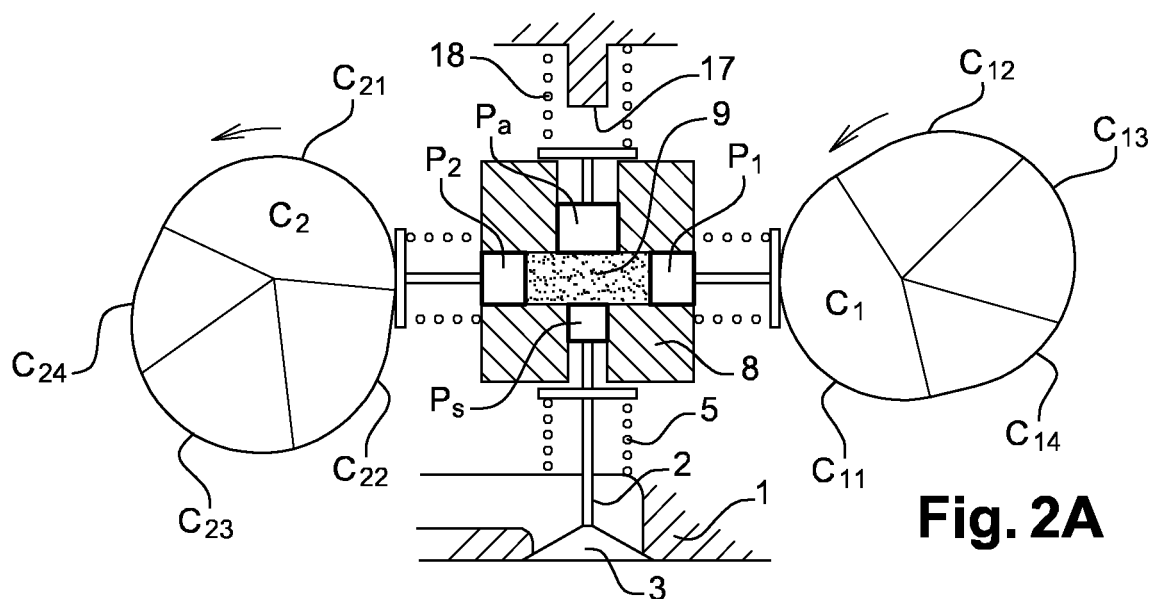
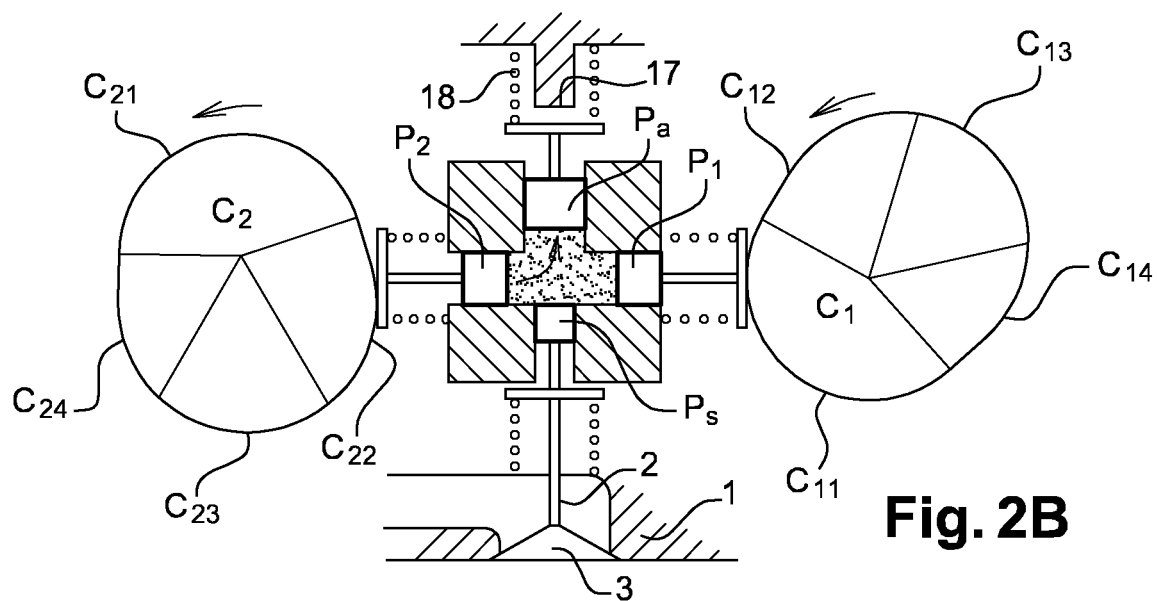
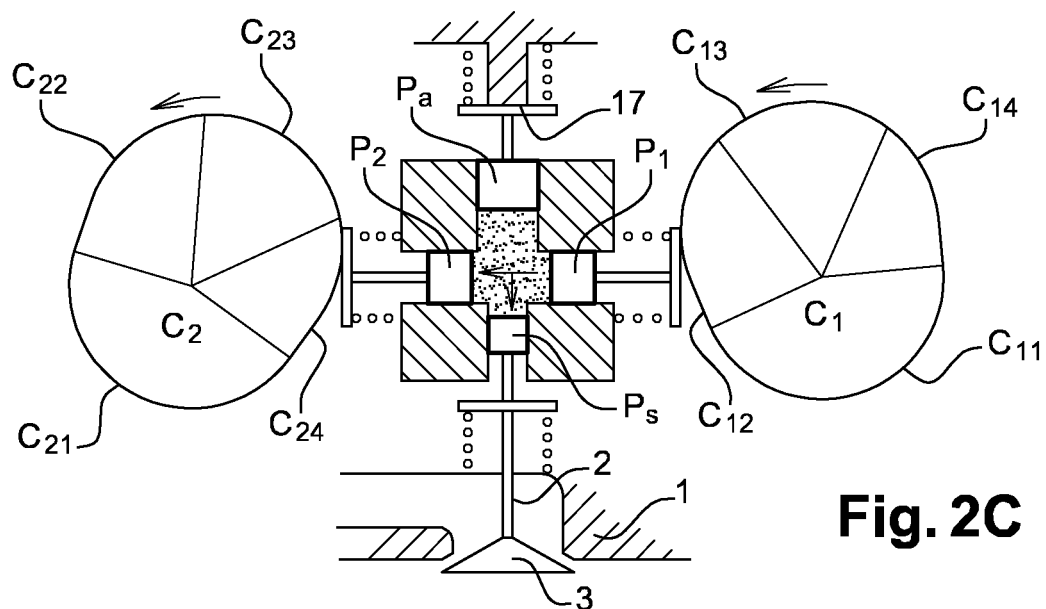
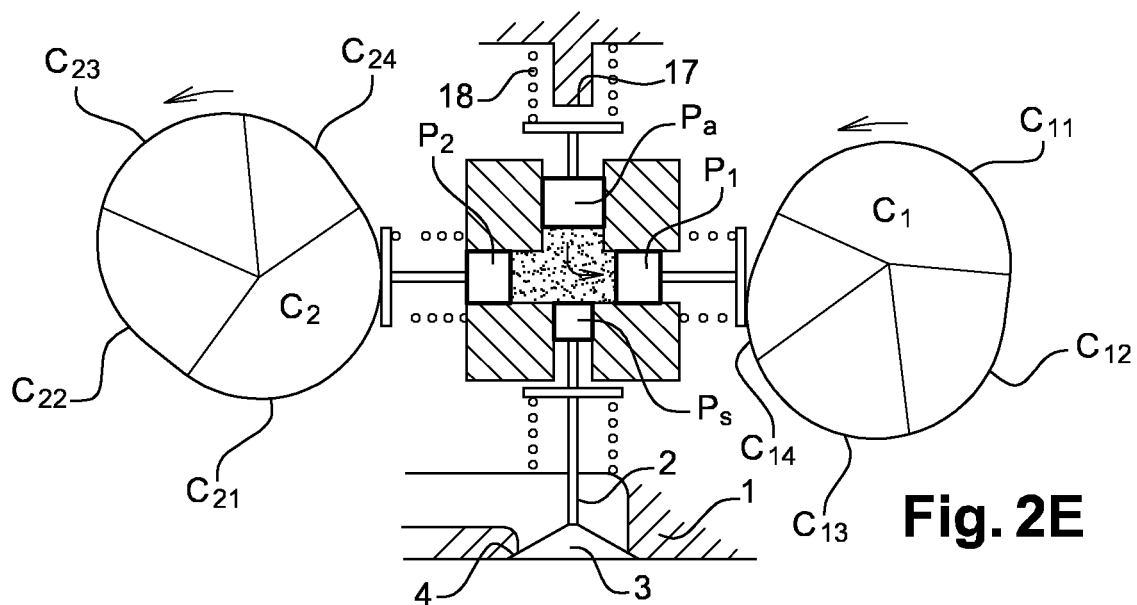
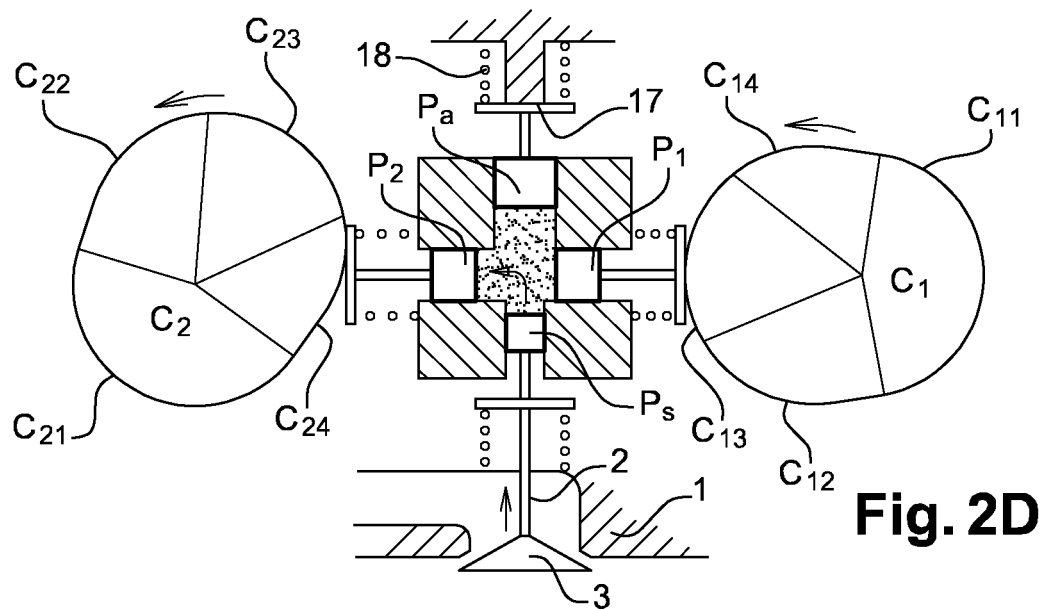


Fig. 1

2 / 7

**Fig. 2A****Fig. 2B****Fig. 2C**

3 / 7



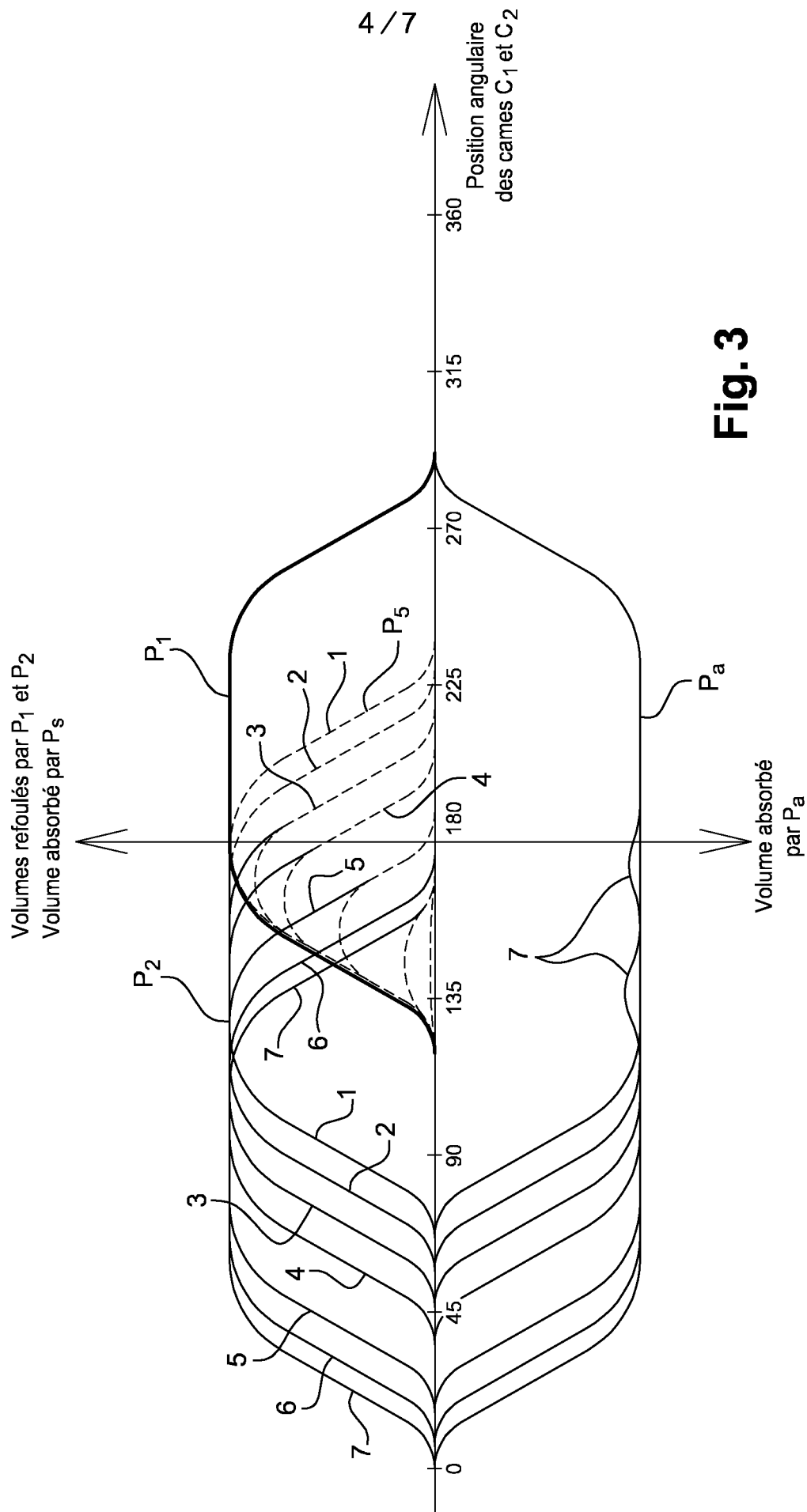


Fig. 3

5 / 7

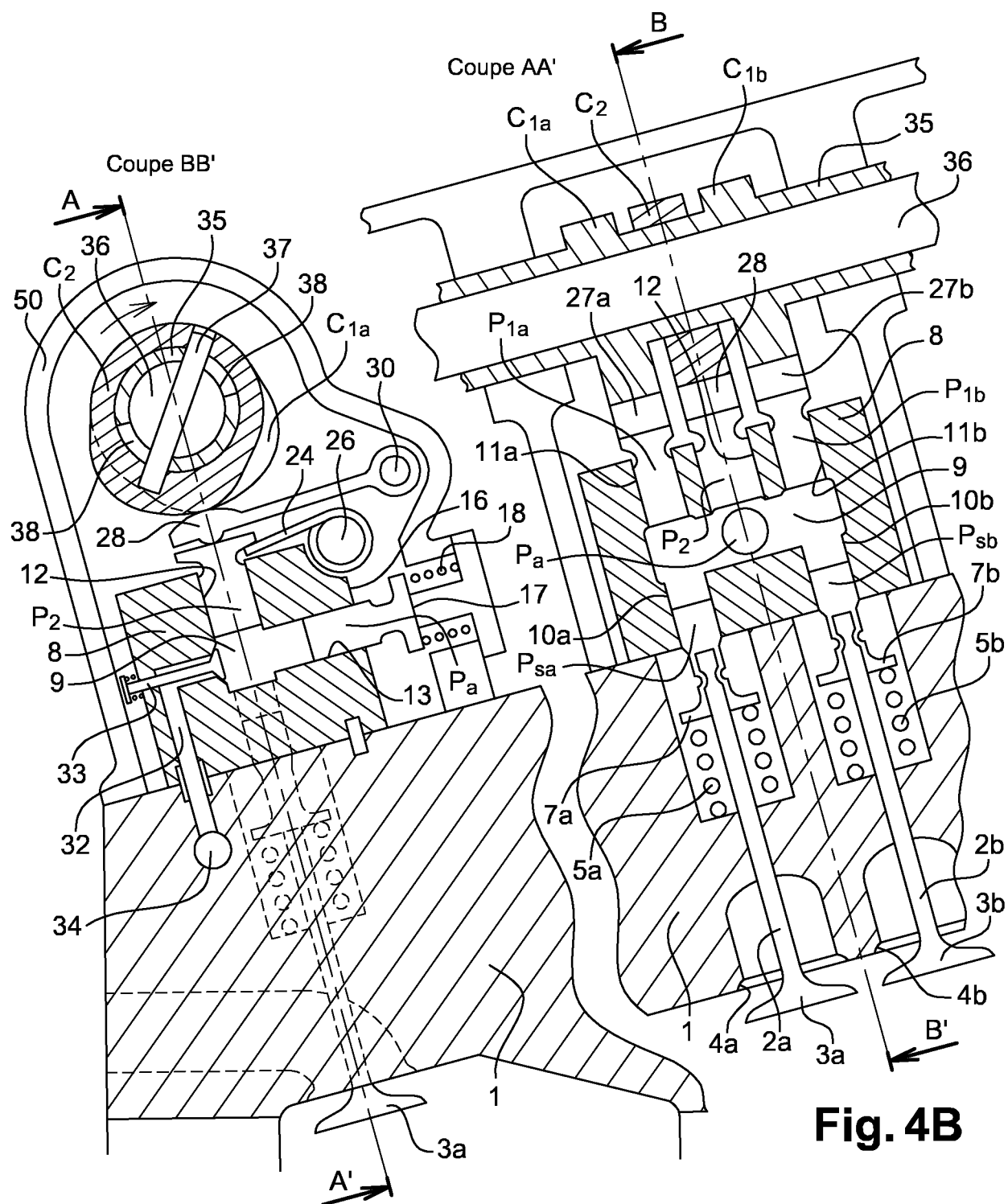
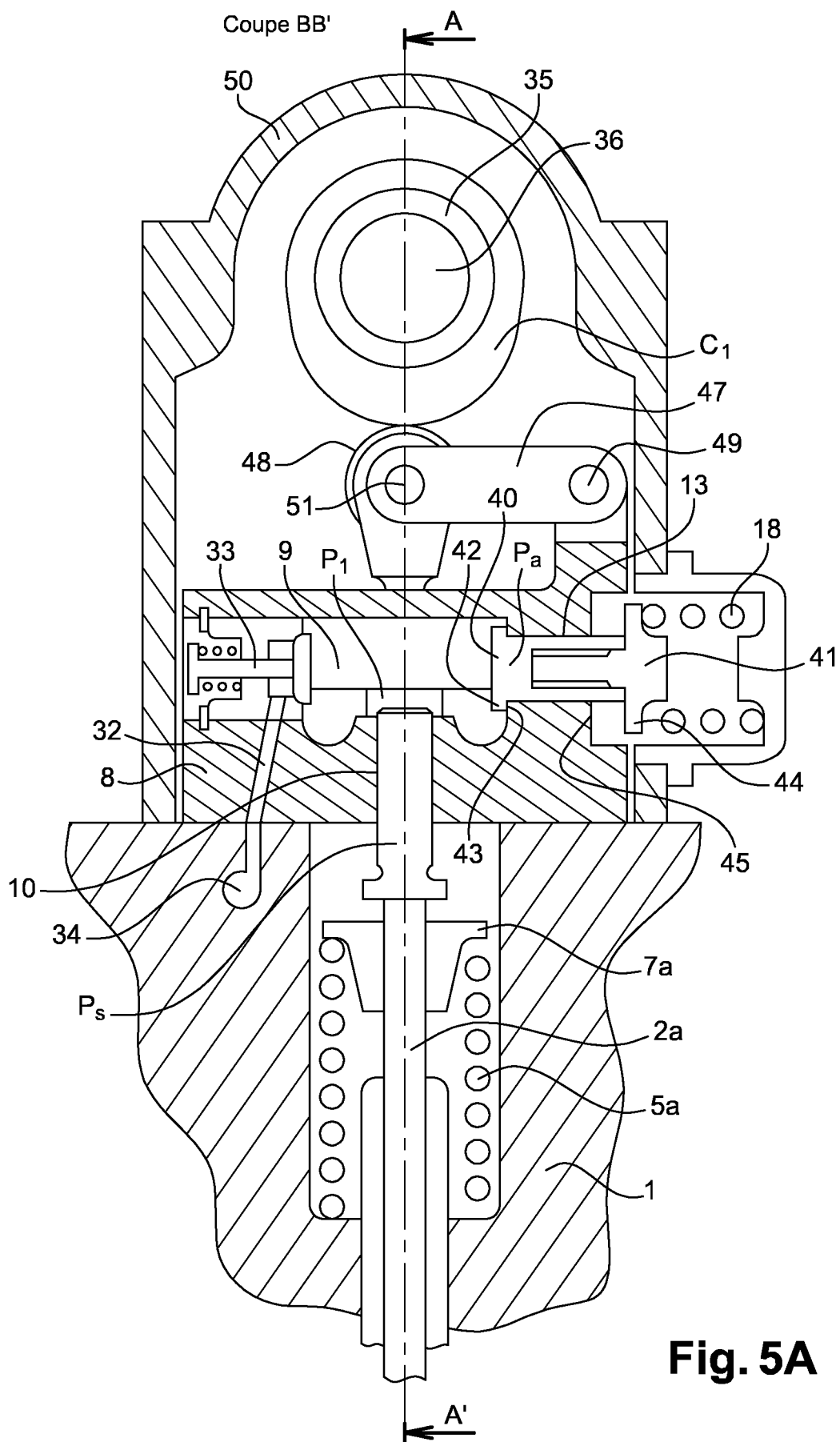


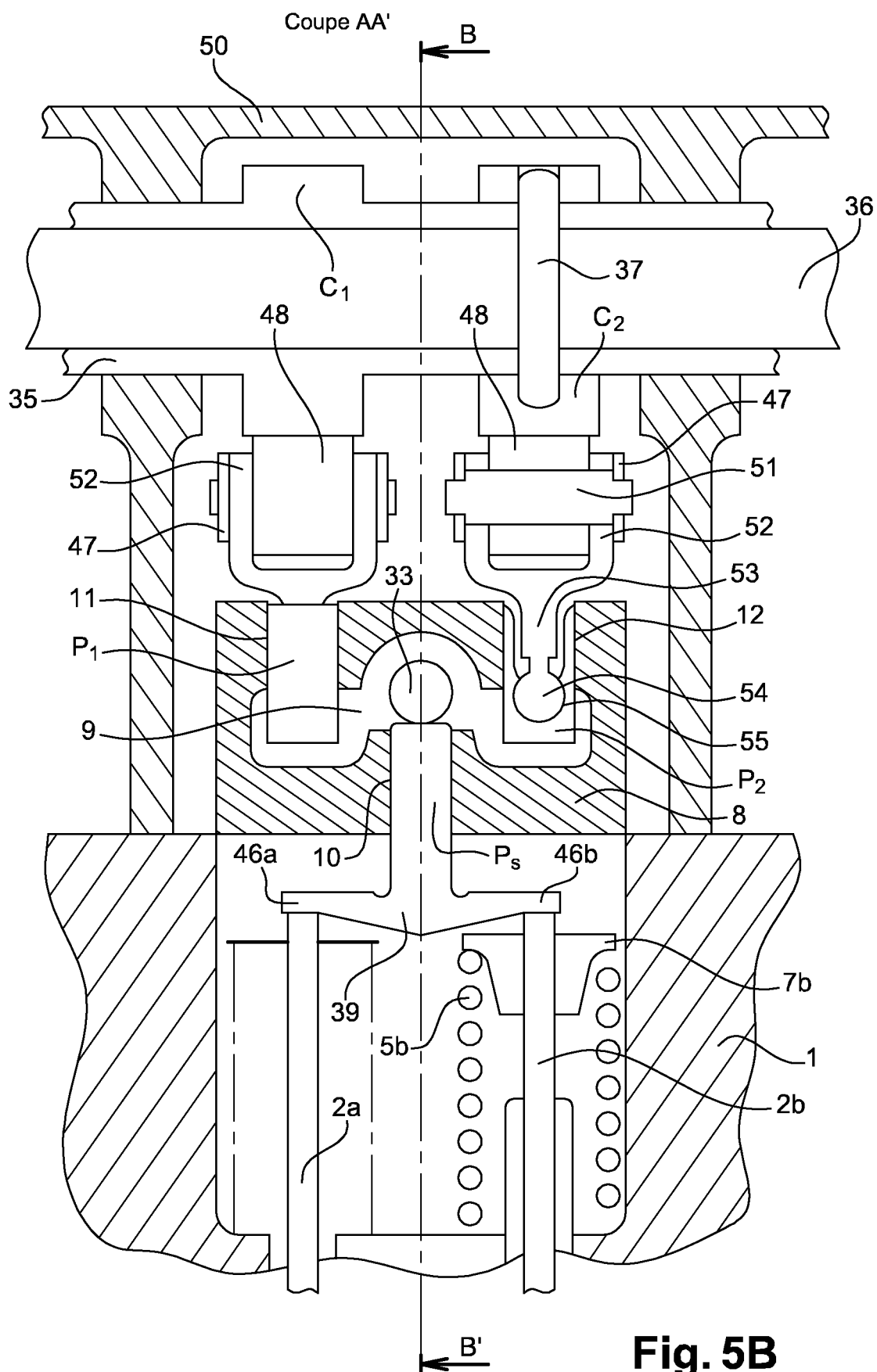
Fig. 4A

Fig. 4B

6 / 7



7 / 7





# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 762752  
FR 1250963

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                               | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                            |                                  |                                                 |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 02/48510 A2 (MELCHIOR JEAN F [FR])<br>20 juin 2002 (2002-06-20)<br>* le document en entier *               | 1                                | F01L1/04<br>F01L31/16                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | EP 2 204 566 A1 (FIAT GROUP AUTOMOBILES<br>SPA [IT]) 7 juillet 2010 (2010-07-07)<br>* le document en entier * | 1                                |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | EP 1 375 843 A1 (AVL LIST GMBH [AT])<br>2 janvier 2004 (2004-01-02)<br>* le document en entier *              | 1                                |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                               |                                  | F01L                                            |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                               | Examineur                        |                                                 |
| 2 octobre 2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                               | Klinger, Thierry                 |                                                 |
| <p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                               |                                  |                                                 |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**  
**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1250963 FA 762752**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-10-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| WO 0248510                                      | A2 | 20-06-2002             | AU 2508202 A                            | 24-06-2002             |
|                                                 |    |                        | DE 60128260 T2                          | 10-01-2008             |
|                                                 |    |                        | EP 1341993 A1                           | 10-09-2003             |
|                                                 |    |                        | US 2004069256 A1                        | 15-04-2004             |
|                                                 |    |                        | WO 0248510 A2                           | 20-06-2002             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 2204566                                      | A1 | 07-07-2010             | BR PI0905258 A2                         | 22-03-2011             |
|                                                 |    |                        | EP 2204566 A1                           | 07-07-2010             |
|                                                 |    |                        | JP 2010156340 A                         | 15-07-2010             |
|                                                 |    |                        | US 2010168987 A1                        | 01-07-2010             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 1375843                                      | A1 | 02-01-2004             | DE 50200400 D1                          | 03-06-2004             |
|                                                 |    |                        | EP 1375843 A1                           | 02-01-2004             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |