

(19)



(11)

EP 3 201 441 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

18.12.2019 Bulletin 2019/51

(51) Int Cl.:

F01L 9/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **15788455.2**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2015/052441

(22) Date de dépôt: **14.09.2015**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2016/051041 (07.04.2016 Gazette 2016/14)

(54) **ACTIONNEUR ELECTROMAGNETIQUE POUR SOUPAPE DE MOTEUR A COMBUSTION
INTERNE**

ELEKTROMAGNETISCHE AKTOR FÜR EINEM BRENNKRAFTMASCHINE

ELECTROMAGNETIC ACTUATOR FOR AN INTERNAL COMBUSTION 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: **03.10.2014 FR 1459464**

(43) Date de publication de la demande:

09.08.2017 Bulletin 2017/32

(73) Titulaire: **PSA Automobiles SA**

78300 Poissy (FR)

(72) Inventeurs:

- **DIMITROVA, Zlatina**
78000 Versailles (FR)
- **PORTO MENDES, Luiz Gustavo**
78140 Velizy Villacoublay (FR)
- **KOSSOWSKI, Zbigniew**
90-924 Lodz (PL)

(56) Documents cités:

WO-A1-2009/062155 FR-A1- 2 797 297
US-A1- 2007 272 179

EP 3 201 441 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] L'invention a trait à la commande des soupapes dans un moteur à combustion interne. Elle concerne, plus précisément, un actionneur électromagnétique pour soupape dans un tel moteur.

[0002] La commande des soupapes doit satisfaire les contraintes suivantes. D'abord, le mouvement des soupapes doit être rapide et précis, pour faciliter l'admission, respectivement l'évacuation, des gaz. Ensuite, la course des soupapes doit être suffisante pour garantir un débit important des gaz, qu'il s'agisse de l'admission ou de l'évacuation. Enfin, les efforts transmis aux soupapes doivent être importants (notamment à l'évacuation), pour vaincre la pression régnant dans la chambre de combustion.

[0003] Traditionnellement, la commande des soupapes dans les moteurs à combustion interne est réalisée mécaniquement par un système de distribution comprenant un ou plusieurs arbre(s) à cames qui entraînent les soupapes, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire de culbuteurs. Un arbre à cames est couplé en rotation au vilebrequin par une courroie ou une chaîne de distribution.

[0004] Cette technique a fait ses preuves mais elle présente un inconvénient majeur : elle ne permet aucune régulation de la commande des soupapes, sauf ponctuellement lors du réglage (essentiellement manuel) de la distribution, lors duquel on procède au calage des arbres à cames. Des systèmes de calage variable ont, certes, été imaginés mais leur mise au point est complexe, ce qui a sans aucun doute empêché leur généralisation à l'ensemble du parc automobile. En outre, il peut apparaître aux régimes élevés un phénomène d'affolement des soupapes, qui ne suivent plus le mouvement commandé par l'arbre à cames, généralement en raison d'un dysfonctionnement des ressorts de rappel des soupapes. Si l'affolement des soupapes produit en général une baisse de puissance, il peut aller jusqu'à provoquer une casse du moteur en raison de chocs des soupapes sur les pistons.

[0005] Une technique alternative de commande des soupapes est l'actionnement électromagnétique. Dans cette technique, chaque soupape est entraînée au moyen d'un actionneur électromagnétique. Un ou plusieurs aimants génèrent un champ électromagnétique apte à mouvoir, par la force de Laplace, un support sur lequel est enroulée une bobine parcourue par un courant électrique et dont est solidaire la soupape.

[0006] Cette technique est notamment connue du brevet français FR 2 797 297, qui décrit un actionneur électromagnétique pour soupape de moteur à combustion interne, comprenant :

- une armature définissant au moins deux circuits magnétiques superposés, à savoir un circuit magnétique supérieur et un circuit magnétique inférieur, chaque circuit magnétique incluant un aimant, une pièce

polaire externe annulaire ferromagnétique, en contact avec l'aimant, et un noyau central ferromagnétique, la pièce polaire et le noyau définissant entre eux un entrefer ;

- 5 - un équipement mobile incluant :

- une carcasse munie d'un corps tubulaire plongé dans l'entrefer,
- 10 ◦ une bobine enroulée dans l'entrefer sur le corps de la carcasse ; et
- une soupape solidaire de la carcasse.

[0007] Si cet actionneur donne satisfaction en théorie, sa mise en œuvre concrète est délicate car les efforts générés sur la soupape peuvent s'avérer insuffisants.

[0008] De plus, certains moteurs, généralement des moteurs développant une puissance importante, peuvent nécessiter l'utilisation, pour un même cylindre, de deux soupapes d'admission et de deux soupapes d'échappement.

[0009] Un objectif est de proposer un actionneur électromagnétique qui réponde à l'ensemble des contraintes associées à la commande des soupapes : bonne rapidité, bon contrôle, course suffisante des soupapes, importance des efforts transmis, et qui soit adaptable à des moteurs de puissance élevée.

[0010] A cet effet, il est proposé, en premier lieu, un actionneur électromagnétique pour soupape de moteur à combustion interne, qui comprend :

- 30 - une armature définissant un circuit magnétique incluant :

- un aimant ;
- 35 ◦ une pièce polaire externe ferromagnétique en contact avec l'aimant, la pièce polaire délimitant un alésage primaire ;
- un noyau primaire ferromagnétique logé dans l'alésage primaire et définissant avec la pièce polaire un entrefer primaire ;
- 40

- un équipement mobile primaire incluant :

- une carcasse primaire munie d'un corps tubulaire plongé dans l'entrefer primaire,
- 45 ◦ une bobine primaire enroulée dans l'entrefer primaire sur le corps de la carcasse primaire ;
- une soupape solidaire de la carcasse primaire ;

50 dans lequel :

- la pièce polaire délimite un alésage secondaire voisin de l'alésage primaire ;
- le circuit magnétique inclut un noyau secondaire ferromagnétique logé dans l'alésage secondaire et définissant avec la pièce polaire un entrefer secondaire ;
- 55 - l'actionneur comprend un équipement mobile second-

daire incluant :

- une carcasse secondaire munie d'un corps tubulaire plongé dans l'entrefer secondaire ;
- une bobine secondaire enroulée dans l'entrefer secondaire sur le corps de la carcasse secondaire ;
- une soupape solidaire de la carcasse secondaire.

[0011] Cet actionneur est ainsi adapté à un moteur ayant quatre soupapes par cylindre tout en assurant des fonctions primordiales telles que :

- la rapidité du mouvement des soupapes, facilitant l'admission et l'évacuation des fluides dans ou hors du cylindre,
- une bonne course des soupapes et une force de déplacement des soupapes suffisante pour permettre de vaincre les efforts exercés par les gaz dans le cylindre, notamment lors de l'évacuation des gaz.

[0012] Diverses caractéristiques supplémentaires peuvent être prévues, seules ou en combinaison :

- la bobine primaire et la bobine secondaire comprennent un circuit d'alimentation commun ;
- la bobine primaire et la bobine secondaire comprennent chacune un circuit d'alimentation distinct ;
- l'armature comprend un couvercle permettant de solidariser le noyau primaire et le noyau secondaire avec la pièce polaire ;
- le couvercle comprend deux doigts venant en prise chacun avec le noyau primaire ou le noyau secondaire, les deux doigts étant séparés l'un de l'autre d'un entraxe ;
- l'entraxe des doigts du couvercle est légèrement inférieur à un entraxe mesuré entre l'alésage primaire et l'alésage secondaire ;
- la bobine primaire et la bobine secondaire sont respectivement constituées d'une bobine primaire supérieure et d'une bobine primaire inférieure et, d'une bobine secondaire supérieure et d'une bobine secondaire inférieure ;
- l'actionneur électromagnétique comprend une pièce polaire supérieure et une pièce polaire inférieure.

[0013] Il est proposé, en second lieu, un moteur à combustion interne comprenant un actionneur électromagnétique tel que présenté précédemment et, en troisième lieu, un véhicule automobile comprenant un moteur tel que présenté précédemment.

[0014] D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description d'un mode de réalisation, faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective de dessus d'un

véhicule automobile muni d'un moteur à combustion interne ayant au moins un actionneur électromagnétique pour soupape ;

- la figure 2 est une vue schématique en coupe d'un cylindre du moteur de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe de l'actionneur électromagnétique selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 4 est une vue éclatée en perspective de dessus de l'actionneur électromagnétique ;
- la figure 5 est une vue en coupe de l'actionneur électromagnétique selon un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 6 est une vue en coupe selon l'axe C-C de la figure 5.

[0015] Sur la figure 1 est représenté un véhicule **1** automobile, ici un véhicule particulier, mais il pourrait s'agir de tout autre type de véhicule : utilitaire, camion, engin de chantier.

[0016] Le véhicule **1** est équipé d'un moteur **2** à combustion interne muni de cylindres **3** définissant des chambres **4** de combustion et dans lesquels sont montés couliissants des pistons **5** liés, par des bielles **6**, à un vilebrequin **7** dont la rotation entraîne les roues **8** du véhicule **1** via une transmission (non représentée).

[0017] Le moteur **2** comprend, pour chaque cylindre **3** quatre soupapes **9** réparties par paire, à savoir deux soupapes **9a** d'admission et deux soupapes **9b** d'échappement.

[0018] Dans la suite de cette description, nous parlerons de soupapes **9**, sans faire de référence particulière à leur utilisation pour l'admission ou l'échappement.

[0019] Chaque soupape **9** comprend une tige **10** qui s'étend suivant un axe **X** central qui définit une direction axiale. A une extrémité de la tige **10** est formée une tête **11**. Chaque soupape **9** est mobile en translation par rapport à une culasse **12** du moteur **2** entre une position fermée dans laquelle la tête **11** de la soupape **9** s'appuie contre un siège **13** pour obturer un conduit **14** d'admission (ou, respectivement, un conduit **15** d'échappement) et une position ouverte dans laquelle la tête **11** est écartée du siège **13** pour mettre en communication le cylindre **3** avec le conduit **14** d'admission (ou, respectivement, le conduit **15** d'échappement).

[0020] Dans l'exemple illustré, le moteur **2** est du type diesel à injection directe et comprend, à cet effet, un injecteur **16** qui débouche directement dans la chambre **4** de combustion, mais il pourrait s'agir de tout autre type de moteur à combustion interne : essence, à injection indirecte, hybride.

[0021] Chaque soupape **9** est commandée en position par un actionneur **17** électromagnétique. Cet actionneur **17** est lui-même piloté par une unité **18** de contrôle informatisée équipée d'un processeur programmable.

[0022] L'actionneur **17** est représenté en coupe sur les figures 3 et 5 respectivement selon un premier et un deuxième mode de réalisation et en vue éclatée sur la

figure 4, selon le premier mode de réalisation. L'actionneur **17** comprend une armature **19** ainsi que deux équipages **20**, **21** mobiles à savoir un équipement **20** mobile primaire et un équipement **21** mobile secondaire.

[0023] L'armature **19** comprend :

- un aimant **22** ;
- au moins une pièce polaire **23a**, **23b** ferromagnétique, et dans l'exemple illustré, une pièce supérieure **23a** et une pièce inférieure **23b**, entre lesquelles l'aimant **22** est pris en sandwich ;
- un noyau **24** primaire ferromagnétique de forme sensiblement cylindrique définissant, avec les pièces **23a**, **23b** polaires, un entrefer **25** primaire ;
- un noyau **26** secondaire ferromagnétique de forme sensiblement cylindrique définissant, avec les pièces **23a**, **23b** polaires, un entrefer **27** secondaire, et un couvercle **28** venant en prise avec les deux noyaux **24**, **26** comme il sera décrit ci-après.

[0024] Avantageusement, l'armature **19** comprend un alésage **29** primaire et un alésage **30** secondaire, voisin de l'alésage **29** primaire, dans lesquels sont respectivement reçus le noyau **24** primaire et le noyau **26** secondaire, les alésages **29**, **30** primaire et secondaire étant pratiqués conjointement dans les pièces **23a**, **23b** polaires et l'aimant **22**.

[0025] Le couvercle **28** est muni d'une plaque **31** et de deux doigts **32** aptes à venir se loger chacun dans l'un des noyaux **24**, **26** primaire et secondaire. Selon le mode de réalisation représenté sur les figures, et comme cela est visible sur la figure 6, les deux doigts **32** sont écartés l'un de l'autre d'un entraxe **C1** légèrement inférieur à un entraxe **P1** entre l'alésage **29** primaire et l'alésage **30** secondaire ce qui provoque une réduction des entrefers **25**, **27** primaire et secondaire dans une région centrale de l'actionneur **17** électromagnétique.

[0026] L'équipage **20** mobile primaire comprend une carcasse **33** primaire, une bobine **34** primaire supérieure, une bobine **35** primaire inférieure et une soupape **9**.

[0027] La carcasse **33** primaire comprend un corps **36** tubulaire ouvert à une extrémité **37** supérieure et pourvu d'une rainure **38** annulaire supérieure et d'une rainure **39** annulaire inférieure dans lesquelles sont respectivement logées la bobine **34** primaire supérieure et la bobine **35** primaire inférieure.

[0028] En outre, la carcasse **33** primaire comprend à une extrémité inférieure, un fond **40** sur lequel la soupape **9** est vissée au moyen de vis **41**. Dans une variante non représentée sur les figures, la soupape **9** est soudée au fond **40** de la carcasse **33**.

[0029] De même, l'équipage **21** mobile secondaire comprend une carcasse **42** secondaire, une bobine **43** secondaire supérieure, une bobine **44** secondaire inférieure et une soupape **9**.

[0030] La carcasse **42** secondaire comprend un corps **45** tubulaire ouvert à une extrémité **46** supérieure et pourvu d'une rainure **47** annulaire supérieure et d'une rainure

48 annulaire inférieure dans lesquelles sont respectivement logées la bobine **43** primaire supérieure et la bobine **44** primaire inférieure.

[0031] En outre, la carcasse **42** secondaire comprend à une extrémité inférieure, un fond **49** sur lequel la soupape **9** est vissée au moyen de vis **41**.

[0032] Selon le mode de réalisation représenté sur les figures, les bobines **34**, **35** primaires supérieure et inférieure ainsi que les bobines **43**, **44** secondaires supérieure et inférieure sont constituées d'un fil de section circulaire. Toutefois, pour diminuer les entrefers **25**, **27** primaire et secondaire, les bobines peuvent être constituées d'un fil de section rectangulaire.

[0033] L'actionneur **17** électromagnétique est assemblé de la manière ci-après décrite.

[0034] L'armature **19** est d'abord assemblée par collage de l'aimant **22** sur la pièce **23a** supérieure et la pièce **23b** inférieure.

[0035] Le couvercle **28** est également collé au noyau **24** primaire et au noyau **26** secondaire par ses doigts **32** venant chacun en prise avec l'un des noyaux **24**, **26**.

[0036] Enfin, le noyau **24** primaire et le noyau **26** secondaire sont insérés respectivement dans l'alésage **29** primaire et dans l'alésage **30** secondaire et maintenus en position au moyen d'une bride (non représentée) venant maintenir le couvercle **28** avec l'une des pièces **23a**, **23b** polaires.

[0037] Avantageusement, le moyen de fixation choisi pour l'assemblage de l'armature **19** est le collage qui permet alors de s'affranchir des problèmes de perturbations du champ magnétique notamment engendrées lorsque l'assemblage est réalisé au moyen de vis.

[0038] Pour l'assemblage de l'équipage **20** mobile primaire, la bobine **34** primaire supérieure est insérée dans la rainure **38** annulaire supérieure de la carcasse **33** primaire, la bobine **35** primaire inférieure est insérée dans la rainure **39** annulaire inférieure de la carcasse **33** primaire et la soupape **9** est assemblée sur le fond **40** de la carcasse **33** primaire au moyen des vis **41**.

[0039] Il en est de même pour l'équipage **21** mobile secondaire : la bobine **43** secondaire supérieure est insérée dans la rainure **47** secondaire annulaire supérieure de la carcasse **42** secondaire, la bobine **44** secondaire inférieure est insérée dans la rainure **48** secondaire annulaire inférieure de la carcasse **42** secondaire et la soupape **9** est assemblée sur le fond **49** de la carcasse **42** secondaire au moyen des vis **41**. Dans une variante non représentée sur les figures, la soupape **9** est soudée au fond **49** de la carcasse **42**.

[0040] L'actionneur **17** électromagnétique est enfin assemblé par l'insertion de l'équipage **20** mobile primaire et de l'équipage **21** mobile secondaire respectivement dans l'alésage **29** primaire et l'alésage **30** secondaire.

[0041] En fonctionnement, un courant électrique est transmis aux bobines **34**, **35**, **43**, **44** afin d'interagir avec un champ magnétique généré par l'aimant **22** (représenté en traits mixtes sur les figures) visant à faire translater les équipages **20**, **21** mobiles dans les alésages **29**, **30**

de l'armature **19**.

[0042] Avantageusement, les bobines **34, 35** et **43, 44** sont construites de telle sorte qu'un même courant circule dans un sens opposé selon qu'il emprunte la bobine **34, 43** supérieure ou la bobine **35, 44** inférieure d'un même équipage **20, 21** mobile.

[0043] Afin d'écarter les soupapes **9** de l'armature **19** et ainsi mettre en connexion fluide le conduit **14** d'admission ou le conduit **15** d'échappement avec la chambre **4** de combustion du cylindre **3**, un courant positif est transmis aux bobines **34, 43** supérieures et **35, 44** inférieures. La circulation en sens opposé du courant entre la bobine **34, 43** supérieure et la bobine **35, 44** inférieure, génère, par la loi de Laplace, une force permettant le déplacement des équipages **20, 21** mobiles.

[0044] Il suffit alors d'inverser la polarité du courant circulant dans les bobines **34, 43** supérieures et dans les bobines **35, 44** inférieures pour rapprocher les soupapes **9** de l'armature **19** et ainsi supprimer la connexion fluide entre le conduit **14** d'admission ou le conduit **15** d'échappement et la chambre **4** de combustion du cylindre **3**.

[0045] Avantageusement, les équipages **20, 21** mobiles sont contrôlés indépendamment l'un de l'autre. Par exemple, l'équipage **21** mobile secondaire peut rester fermé alors que l'équipage **20** mobile primaire est ouvert.

[0046] Le réglage de l'intensité du courant transmis aux bobines **34, 35, 43, 44** permet de faire varier la vitesse d'ouverture et de fermeture des soupapes **9** mais également de faire varier l'écartement des soupapes **9** par rapport à l'armature **19** et ainsi de régler le débit de fluide circulant de la conduite **14** d'admission vers la chambre **4** de combustion ou de la chambre **4** de combustion vers la conduite **15** d'échappement.

[0047] Un avantage de la réduction des entrefers **25, 27** primaire et secondaire, par la différence entre les entraxes **C1** et **P1** réside dans l'augmentation de l'intensité du champ magnétique, à intensité de courant égale, dans une région centrale de l'actionneur **17** électromagnétique par rapport à l'intensité du champ magnétique dans une région périphérique opposée à la région centrale.

[0048] La présence d'une bobine **34, 43** supérieure et d'une bobine **35, 44** pour chacun des équipages **20, 21** mobile permet d'accroître les efforts transmis aux soupapes **9**, au bénéfice de l'efficacité de l'actionneur **17** électromagnétique.

[0049] Une variante de l'actionneur **17** électromagnétique est représentée sur les figures 5 et 6.

[0050] Cette variante met en œuvre un moyen de refroidissement de l'actionneur **17** électromagnétique. En effet, l'utilisation de courants électriques élevés pour générer les efforts nécessaires au mouvement des soupapes **9**, génère, dans certaines conditions d'utilisation de l'actionneur **17** électromagnétique, un excès de chaleur et, ainsi, un échauffement de l'actionneur **17** électromagnétique qui, combiné à la chaleur générée par le fonctionnement du moteur **2** lui-même, peut dégrader prématurément l'actionneur **17** électromagnétique.

[0051] Afin de refroidir l'actionneur **17** électromagnétique, l'aimant **22** est pourvu de deux conduits **50** de refroidissement débouchant chacun dans l'alésage **29** primaire ou dans l'alésage **30** secondaire.

[0052] Les carcasses **33, 42** primaire et secondaire sont alors pourvues d'une ceinture **51** annulaire, sensiblement centrale, qui, lorsque l'actionneur **17** électromagnétique est assemblé, est au droit d'un conduit **50** de refroidissement de sorte qu'un fluide de refroidissement, injecté dans l'armature **19**, ne rencontre pas d'obstacle dès son entrée dans les alésages **29, 30** primaire et secondaire.

[0053] Avantageusement, la ceinture **51** présente une hauteur telle qu'en position haute, en position basse ou dans une position intermédiaire entre la position haute et la position basse des équipages **20, 21** mobiles, les conduits **50** de refroidissement soient face à cette ceinture **51**.

[0054] En outre, la différence entre les entraxes **C1** et **P1** permet également d'augmenter la distance entre les noyaux **24, 26** primaire et secondaire et les conduits **50** de refroidissement débouchant dans les alésages **29, 30** primaire et secondaire, de sorte à faciliter l'introduction du fluide de refroidissement dans les entrefers **25, 27** primaire et secondaire.

[0055] Avantageusement, le fluide de refroidissement est injecté, depuis un compresseur, par des canalisations **52** venant se loger dans les conduits **50** de refroidissement. Ce fluide de refroidissement est représenté, sur les figures 5 et 6 par des lignes en traits pointillés.

[0056] Le refroidissement de l'actionneur **17** électromagnétique se fait alors par contact direct du fluide avec les bobines **34, 35** primaire supérieure et inférieure et les bobines **43, 44** secondaire supérieure et inférieure. Le fluide chaud ayant emmagasiné une partie de la chaleur des bobines **34, 35, 43, 44**, est évacué de l'actionneur **17** électromagnétique à ses extrémités supérieure et inférieure puis récupéré dans un circuit moteur (non représenté).

[0057] Toutefois, si le fluide est de l'air, et, dans un but d'économie d'énergie et de recyclage, l'air chaud pourrait être récupéré pour être injecté dans le moteur **2**, après un éventuel refroidissement et une éventuelle compression.

[0058] En variante, un autre fluide que l'air pourrait être utilisé comme par exemple, de l'eau ou de l'huile qui présentent une capacité thermique et un coefficient de transfert thermique supérieurs que l'air.

[0059] Selon un mode de réalisation non représenté sur les figures, les conduits **50** de refroidissement sont réalisés dans les pièces **23a, 23b** polaires ou conjointement dans les pièces **23a, 23b** polaires et dans l'aimant **22**.

[0060] Selon le mode de réalisation représenté sur les figures, les conduits **50** de refroidissement sont réalisés chacun sur une face différente de l'actionneur **17** électromagnétique.

[0061] Dans une variante non représentée sur les fi-

gures, les conduits **50** de refroidissement sont adjacents et sont réalisés sur une même face de l'actionneur **17** électromagnétique.

[0062] L'actionneur **17** électromagnétique qui vient d'être présenté comprend de nombreux avantages.

[0063] Premièrement, l'actionneur **17** électromagnétique offre l'avantage de réduire la dimension du moteur **2**. En effet, un moteur **2** muni de ces actionneurs **17** électromagnétiques n'utilise pas d'arbre à cames, ce qui réduit l'encombrement du moteur **2**, notamment en hauteur. Le gain d'encombrement permet de réduire la hauteur du compartiment moteur d'un véhicule **1** et ainsi autorise une forme plus aérodynamique du véhicule **1**, qui devient alors moins consommateur de carburant et présente une silhouette plus attractive.

[0064] Deuxièmement, les actionneurs **17** sont adaptables aux moteurs **2** ayant quatre soupapes **9** par cylindre **3**. En effet, la compacité des actionneurs **17** permet la commande de deux soupapes **9** adjacentes pour l'admission ou l'échappement d'un cylindre **3** du moteur **2**.

[0065] Troisièmement, l'actionneur **17** électromagnétique autorise un contrôle précis des soupapes **9**. Chaque soupape **9** d'un même actionneur **17** électromagnétique peut être commandée indépendamment de l'autre. Pour cela, chaque bobine **34, 35** primaire et **43, 44** secondaire est alimentée par un circuit électrique dédié. Au contraire, si les deux soupapes sont commandées simultanément, un unique circuit électrique pourra être utilisé. La précision du contrôle est apportée par la régulation de l'intensité du courant transmis aux bobines **34, 35, 43, 44** primaires et secondaires et assure alors une ouverture et une fermeture rapide des soupapes **9**.

[0066] Quatrièmement, l'actionneur **17** électromagnétique permet de générer un champ magnétique assez important pour contrer la pression régnant dans la chambre **4** de combustion et autoriser l'ouverture des soupapes **9**. Ainsi, un actionneur **17** électromagnétique tel que décrit peut être utilisé tant à l'admission qu'à l'échappement des cylindres **3** en lieu et place des arbres à cames.

[0067] Enfin, le refroidissement de l'actionneur **17** électromagnétique assure une meilleure durée de vie de l'actionneur **17**, par la régulation de sa température de fonctionnement, et permet l'utilisation de l'actionneur **17** électromagnétique sur des moteurs **2** pouvant atteindre des régimes de fonctionnement, un couple et une puissance maximale élevés.

Revendications

1. Actionneur (**17**) électromagnétique pour soupape (**9**) de moteur (**2**) à combustion interne, qui comprend :

- une armature (**19**) définissant un circuit magnétique incluant :

- un aimant (**22**) ;
- une première pièce (**23a, 23b**) polaire ex-

terne ferromagnétique en contact avec l'aimant (**22**), cette pièce (**23a, 23b**) polaire délimitant un alésage (**29**) primaire ;

◦ un noyau (**24**) primaire ferromagnétique logé dans l'alésage (**29**) primaire et définissant avec la pièce (**23a, 23b**) polaire un entrefer (**25**) primaire ;

- un équipement (**20**) mobile primaire incluant :

- une carcasse (**33**) primaire munie d'un corps (**36**) tubulaire plongé dans l'entrefer (**25**) primaire,
- une bobine (**34, 35**) primaire enroulée dans l'entrefer (**25**) primaire sur le corps (**36**) de la carcasse (**33**) primaire ;
- une soupape (**9**) solidaire de la carcasse (**33**) primaire ;

caractérisé en ce que :

- l'armature (**19**) comprend une seconde pièce (**23b**) polaire, entre lesquels l'aimant (**22**) est pris en sandwich,

- les pièces (**23a, 23b**) polaires et l'aimant (**22**) délimitent l'alésage (**29**) primaire et un alésage (**30**) secondaire voisin de l'alésage (**29**) primaire ;

- le circuit magnétique inclut un noyau (**26**) secondaire ferromagnétique logé dans l'alésage (**30**) secondaire et définissant avec la pièce (**23a, 23b**) polaire un entrefer (**27**) secondaire ;

- l'actionneur (**17**) comprend un équipement (**21**) mobile secondaire incluant :

- une carcasse (**42**) secondaire munie d'un corps (**45**) tubulaire plongé dans l'entrefer (**27**) secondaire ;
- une bobine (**43, 44**) secondaire enroulée dans l'entrefer (**27**) secondaire sur le corps (**45**) de la carcasse (**42**) secondaire ;
- une soupape (**9**) solidaire de la carcasse (**42**) secondaire.

2. Actionneur (**17**) électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bobine (**34, 35**) primaire et la bobine (**43, 44**) secondaire comprennent un circuit d'alimentation commun.

3. Actionneur (**17**) électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bobine (**34, 35**) primaire et la bobine (**43, 44**) secondaire comprennent chacune un circuit d'alimentation distinct.

4. Actionneur (**17**) électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'armature (**19**) comprend un couvercle (**28**) permettant de solidariser le noyau (**24**) primaire

et le noyau (26) secondaire avec la pièce (23a, 23b) polaire.

5. Actionneur (17) électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le couvercle (28) comprend deux doigts (32) venant en prise chacun avec le noyau (24) primaire ou le noyau (26) secondaire, les deux doigts (32) étant séparés l'un de l'autre d'un entraxe (C1). 5
6. Actionneur (17) électromagnétique selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'entraxe (C1) des doigts (32) du couvercle (28) est légèrement inférieur à un entraxe (P1) mesuré entre l'alésage (29) primaire et l'alésage (30) secondaire. 10
7. Actionneur (17) électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bobine (34, 35) primaire et la bobine (43, 44) secondaire sont respectivement constituées d'une bobine (34) primaire supérieure et d'une bobine (35) primaire inférieure et, d'une bobine (43) secondaire supérieure et d'une bobine (44) secondaire inférieure. 20
8. Moteur (2) à combustion interne comprenant un actionneur (17) électromagnétique selon l'une des revendications précédentes. 25
9. Véhicule (1) automobile comprenant un moteur (2) à combustion interne selon la revendication précédente. 30

Patentansprüche 35

1. Elektromagnetischer Aktuator (17) für Ventil (9) einer Brennkraftmaschine (2), der Folgendes umfasst: 40
 - eine Bewehrung (19), die einen Magnetkreis definiert, der Folgendes aufweist:
 - einen Magnet (22);
 - ein erstes externes ferromagnetisches Polstück (23a, 23b) in Berührung mit dem Magnet (22), wobei dieses Polstück (23a, 23b) eine Primärbohrung (29) abgrenzt;
 - einen ferromagnetischen Primärkern (24), der in der Primärbohrung (29) aufgenommen ist und mit dem Polstück (23a, 23b) einen Primärluftspalt (25) definiert; 45
 - eine mobile Primärausstattung (20), die Folgendes aufweist: 50
 - ein Primärpolgehäuse (33), das mit einem röhrenförmigen Körper (36) versehen ist, der in den Primärluftspalt (25) getaucht ist, 55

- eine Primärspule (34, 35), die in dem Primärluftspalt (25) auf den Körper (36) des Primärpolgehäuses (33) gewickelt ist;
- ein Ventil (9), das fest mit dem Primärpolgehäuse (33) verbunden ist;

dadurch gekennzeichnet, dass:

- die Bewehrung (19) ein zweites Polstück (23b) umfasst zwischen welchen der Magnet (22) sandwichartig eingeschlossen ist,
- die Polstücke (23a, 23b) und der Magnet (22) die Primärbohrung (29) und eine Sekundärbohrung (30) benachbart zu der Primärbohrung (29) abgrenzen;
- der Magnetkreis einen ferromagnetischen Sekundärkern (26) aufweist, der in der Sekundärbohrung (30) aufgenommen ist und mit dem Polstück (23a, 23b) einen Sekundärluftspalt (27) definiert;
- der Aktuator (17) eine bewegliche Sekundärausstattung (21) umfasst, die Folgendes aufweist:
 - ein Sekundärpolgehäuse (42), das mit einem röhrenförmigen Körper (45) versehen ist, der in den Sekundärluftspalt (27) getaucht ist,
 - eine Sekundärspule (43, 44), die in dem Sekundärluftspalt (27) auf den Körper (45) des Sekundärpolgehäuses (42) gewickelt ist;
 - ein Ventil (9), das fest mit dem Sekundärpolgehäuse (42) verbunden ist.

2. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärspule (34, 35) und die Sekundärspule (43, 44) eine gemeinsame Versorgungsschaltung umfassen.
3. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärspule (34, 35) und die Sekundärspule (43, 44) jeweils eine separate Versorgungsschaltung umfassen.
4. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewehrung (19) einen Deckel (28) umfasst, der es erlaubt, den Primärkern (24) und den Sekundärkern (26) mit dem Polstück (23a, 23b) fest zu verbinden.
5. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Deckel (28) zwei Finger (32) umfasst, die jeweils in den Primärkern (24) oder den Sekundärkern (26) eingreifen, wobei die zwei Finger (32) voneinander durch einen Achsabstand (C1) getrennt sind.

6. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Achsabstand (C1) der Finger (32) des Deckels (28) leicht kleiner ist als ein Achsabstand (P1), der zwischen der Primärbohrung (29) und der Sekundärbohrung (30) gemessen wird. 5
7. Elektromagnetischer Aktuator (17) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärspule (34, 35) und die Sekundärspule (43, 44) jeweils aus einer oberen Primärspule (34) und einer unteren Primärspule (35) und einer oberen Sekundärspule (43) und einer unteren Sekundärspule (44) bestehen. 10
8. Brennkraftmaschine (2), die einen elektromagnetischen Aktuator (17) nach einem der vorstehenden Ansprüche umfasst. 15
9. Kraftfahrzeug (1), das eine Brennkraftmaschine (2) nach dem vorstehenden Anspruch umfasst. 20
- (22) delimit the primary bore (29) and a secondary bore (30) close to the primary bore (29);
- the magnetic circuit includes a ferromagnetic secondary core (26) housed in the secondary bore (30) and defining with the polar piece (23a, 23b) a secondary air gap (27);
- the actuator (17) includes a secondary mobile assembly (21) including:
◦ a secondary casing (42) provided with a tubular body (45) immersed in the secondary air gap (27);
◦ a secondary coil (43, 44) wound in the secondary air gap (27) on the body (45) of the secondary casing (42);
◦ a valve (9) integral with the secondary casing (42).
2. The electromagnetic actuator (17) according to Claim 1, **characterized in that** the primary coil (34, 35) and the secondary coil (43, 44) include a common supply circuit.

Claims

1. An electromagnetic actuator (17) for a valve (9) of an internal combustion engine (2), which includes:
- an armature (19) defining a magnetic circuit including:
◦ a magnet (22);
◦ a first external ferromagnetic polar piece (23a, 23b) in contact with the magnet (22), this polar piece (23, 23b) delimiting a primary bore (29);
◦ a ferromagnetic primary core (24) housed in the primary bore (29) and defining with the polar piece (23a, 23b) a primary air gap (25);
- a primary mobile assembly (20) including:
◦ a primary casing (33) provided with a tubular body (36) immersed in the primary air gap (25),
◦ a primary coil (34, 35) wound in the primary air gap (25) on the body (36) of the primary casing (33);
◦ a valve (9) integral with the primary casing (33);
characterized in that:
- the armature (19) includes a second polar piece (23b), between which the magnet (22) is sandwiched,
- the polar pieces (23a, 23b) and the magnet 25
3. The electromagnetic actuator (17) according to Claim 1, **characterized in that** the primary coil (34, 35) and the secondary coil (43, 44) each include a distinct supply circuit. 25
4. The electromagnetic actuator (17) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the armature (19) includes a cover (28) permitting the primary core (24) and the secondary core (26) to be secured with the polar piece (23a, 23b). 30
5. The electromagnetic actuator (17) according to the preceding claim, **characterized in that** the cover (28) includes two fingers (32) each being engaged with primary core (24) or the secondary core (26), the two fingers (32) being separated from one another by an axial distance (C1). 35
6. The electromagnetic actuator (17) according to the preceding claim, **characterized in that** the axial distance (C1) of the fingers (32) of the cover (28) is slightly less than an axial distance (P1) measured between the primary bore (29) and the secondary bore (30). 40
7. The electromagnetic actuator (17) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the primary coil (34, 35) and the secondary coil (43, 44) are respectively constituted by an upper primary coil (34) and a lower primary coil (35) and an upper secondary coil (43) and a lower secondary coil (44). 45
8. An internal combustion engine (2) including an electromagnetic actuator (17) according to one of the preceding claims. 50

9. A motor vehicle (1) including an internal combustion engine (2) according to the preceding claim.

5

10

15

20

25

30

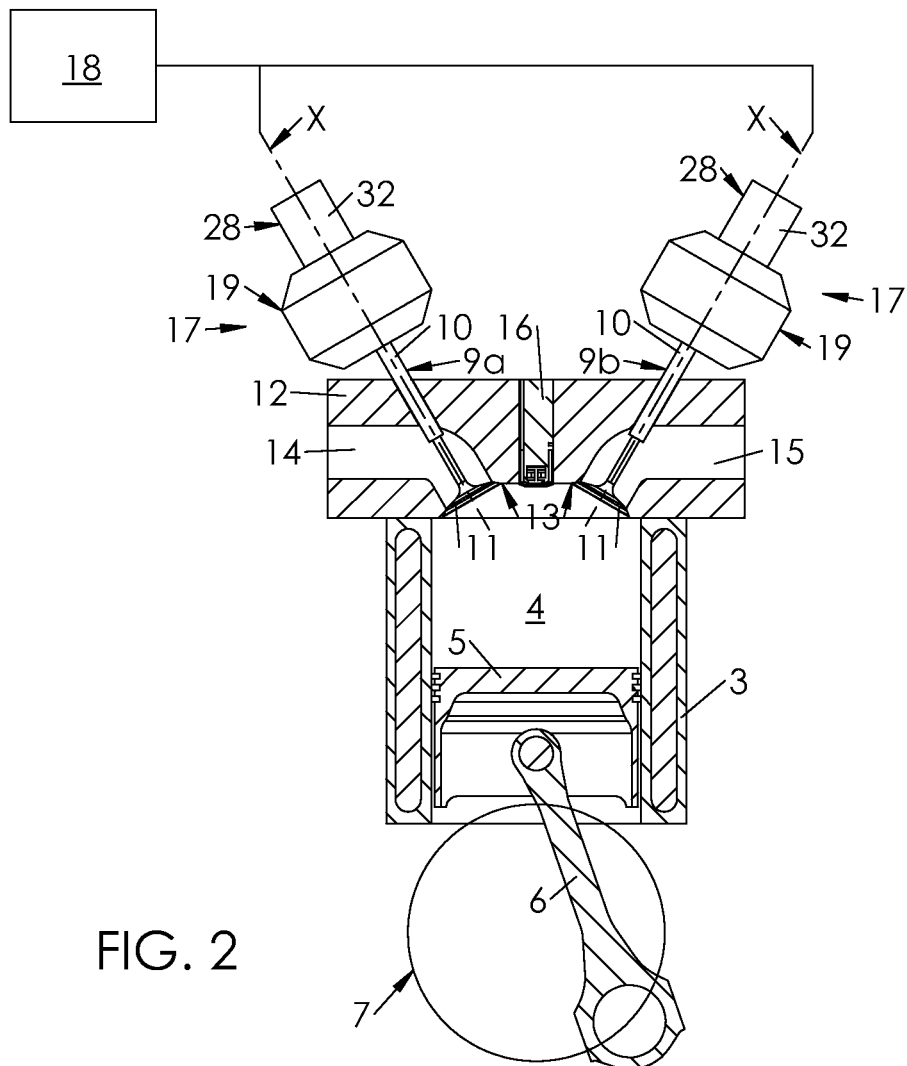
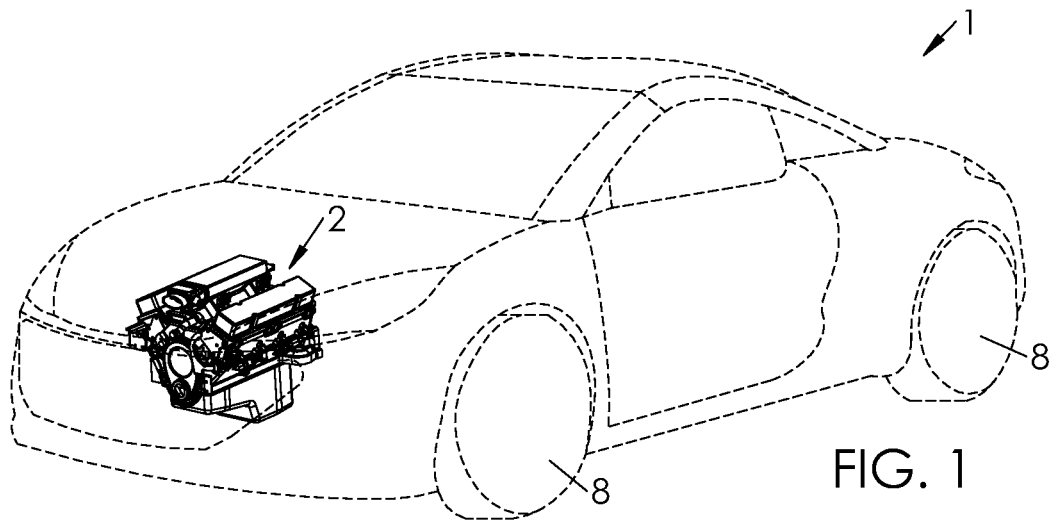
35

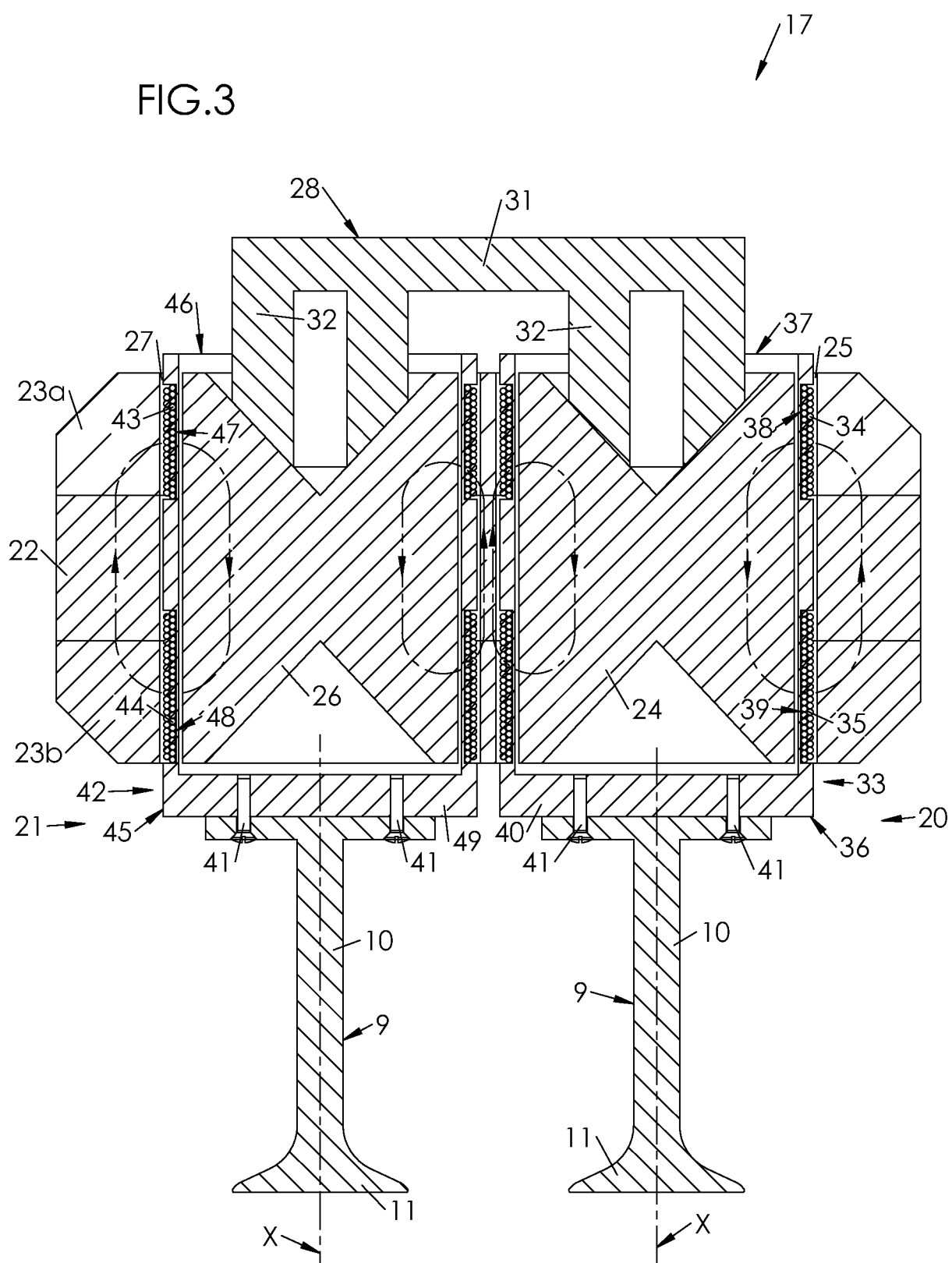
40

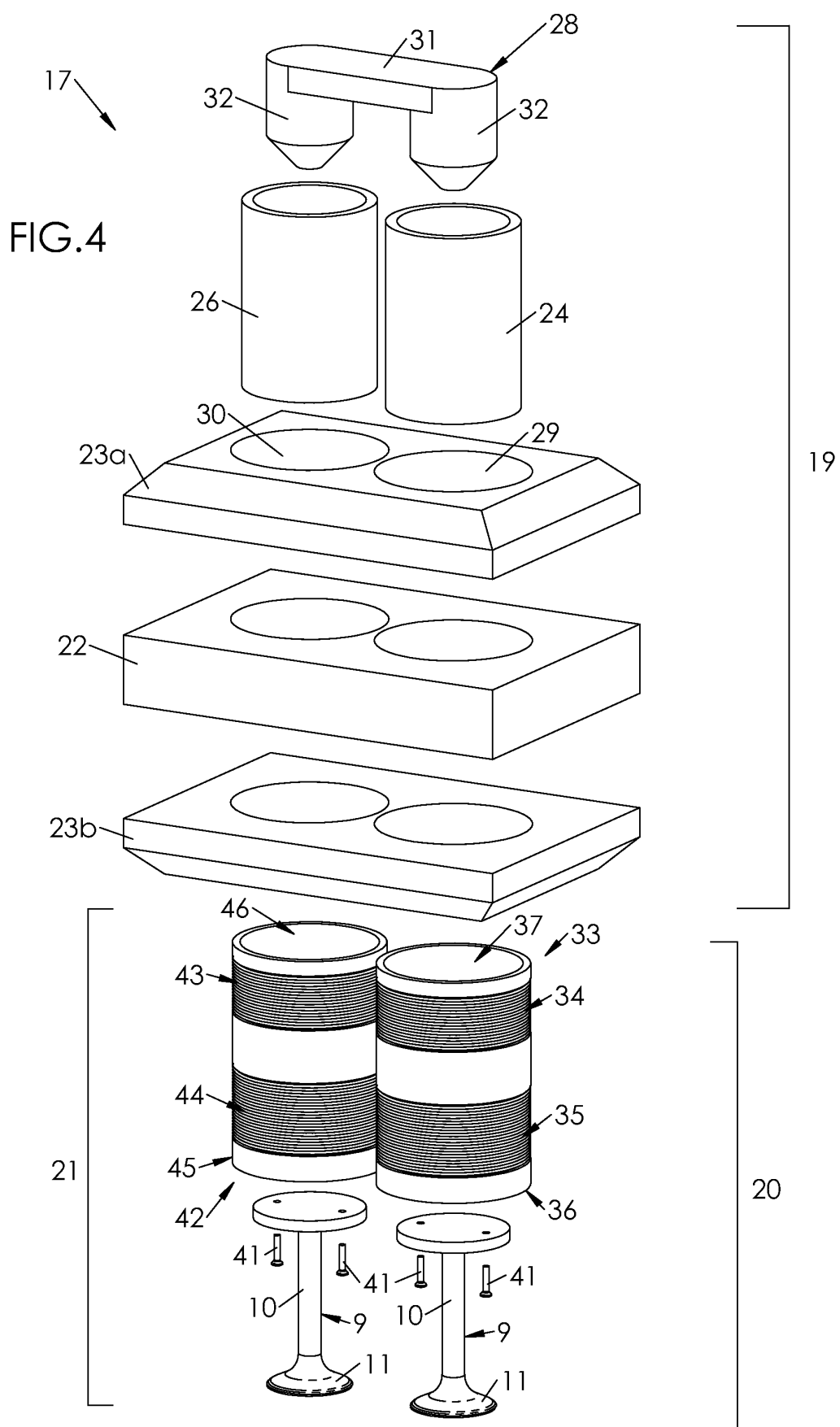
45

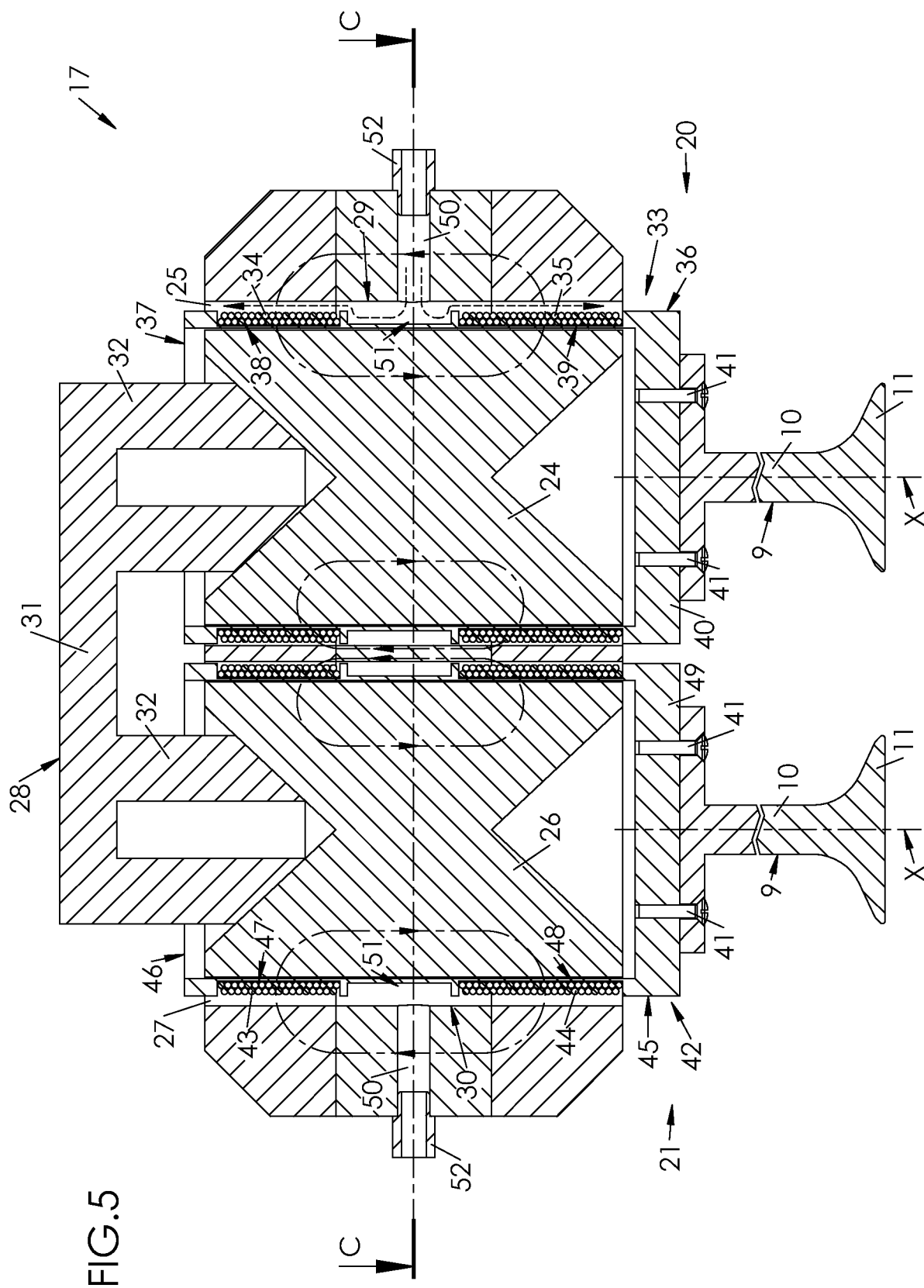
50

55









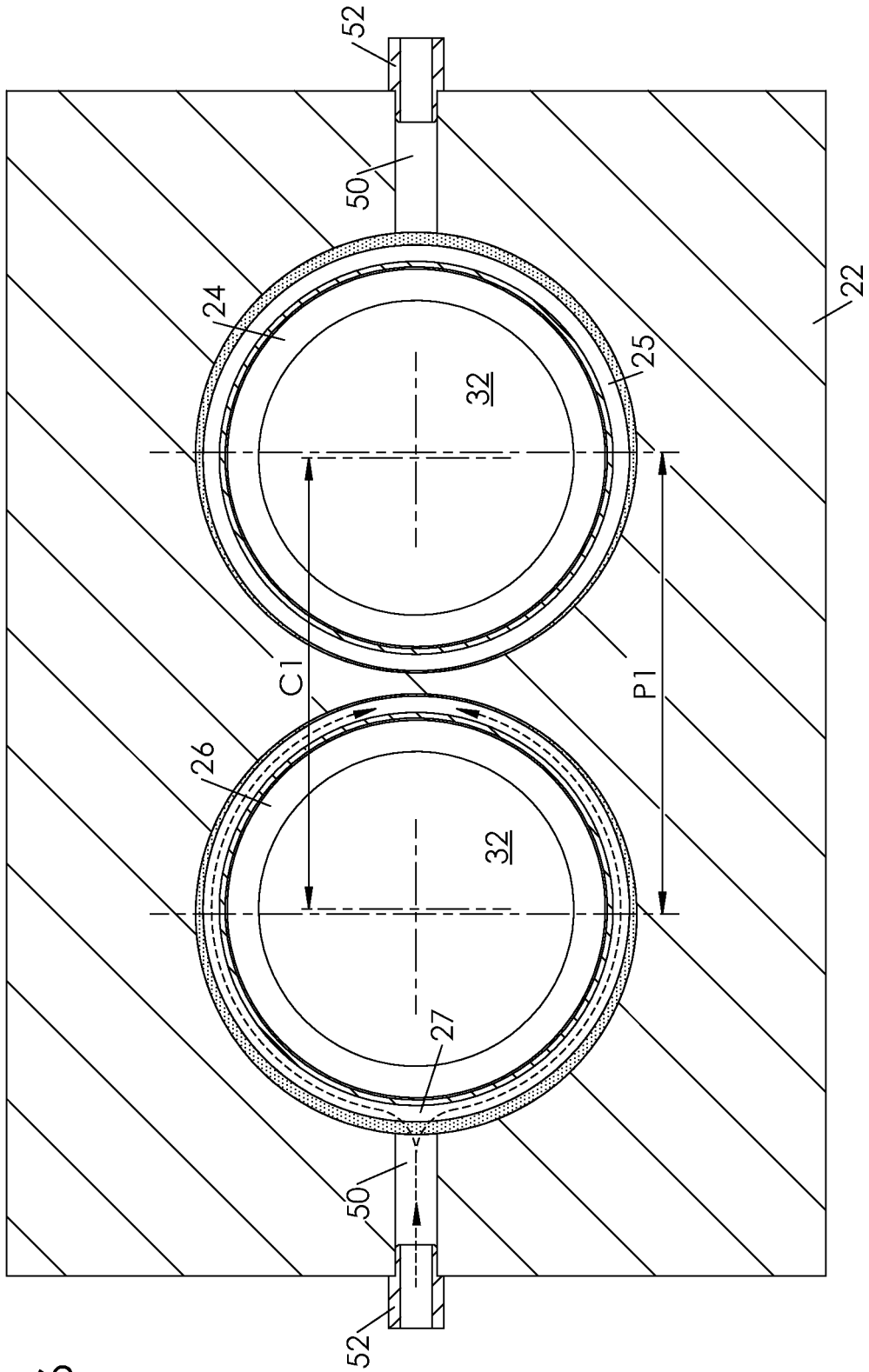


FIG. 6

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

- FR 2797297 [0006]