

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
31 janvier 2008 (31.01.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/012704 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F15B 21/14 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2007/052624

(22) Date de dépôt international : 4 juillet 2007 (04.07.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01211/06 28 juillet 2006 (28.07.2006) CH

(71) Déposant et

(72) Inventeur : NEMA, Ercio Miguel [BR/BR]; Av. 9 de
julho 34, apto 52, Vila Ady-Ana, SP-12243-000 São José
Dos Campos (BR).

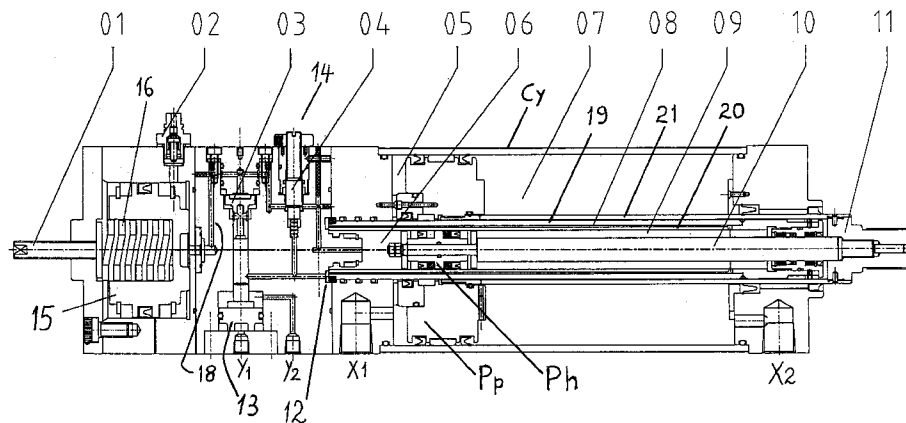
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HYDROPNEUMATIC REGENERATIVE ACTUATOR

(54) Titre : ACTIONNEUR HIDROPNEUMATIQUE RÉGÉNÉRATIF



(57) Abstract: A hydro-pneumatic actuator applicable to linear actuations, comprising arrangements the purpose of which is to create internally and regeneratively a hydraulic pressure from the movement of the movable parts. These arrangements make it possible to slow the movement by finely adjusting its speed when this is required for the usage. The actuator comprises an annular pneumatic piston (Pp) provided with a movable tube (21) crimped in the internal bore of the piston, the pneumatic piston (Pp) being able to be moved in an external cylinder (Cy) under the effect of a pressure differential applied to the exterior by pneumatic connections (X1, X2). The actuator is further provided with a coaxial hydraulic piston (Ph) provided with a rod (10) sliding in a fixed coaxial lining (19, 20) separating the two pistons which remain attached to each other by a mechanical connection (1) between the end of the rod (10) of the hydraulic piston and the end of the movable tube (21). The actuator further includes electrical or pneumatic control valves, adjustable chokes, non-return valves, and an oil reservoir (15) kept under pressure by a spring (16) adjustable by a screw (1). The reservoir can be connected through valves, adjustable chokes and non-return valves to both sides of the hydraulic piston (Ph).

(57) Abrégé : Un actionneur hydro-pneumatique applicable aux actionnements linéaires, comprenant des dispositions ayant pour but d'engendrer de manière interne et régénérative une pression hydraulique à partir du mouvement des parties mobiles. Ces dispositions permettent par la même occasion de ralentir

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/012704 A2



PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative à l'identité de l'inventeur (règle 4.17.i))
- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii))
- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))

Publiée :

- sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

le mouvement en réglant finement sa vitesse lorsque ceci est requis par l'utilisation. L'actionneur comporte un piston pneumatique (Pp) de forme annulaire pourvu d'un tube mobile (21) serti dans l'alésage interne du piston, le piston pneumatique (Pp) pouvant se déplacer dans un cylindre externe (Cy) sous l'effet d'un différentiel de pression appliqué de l'extérieur par des connexions pneumatiques (X1, X2). L'actionneur est pourvu en outre d'un piston hydraulique (Ph) coaxial muni d'une tige (10) coulissant dans une chemise coaxiale fixe (19, 20) séparant les deux pistons, ceux-ci restant solidaires l'un de l'autre par une connexion mécanique (11) entre l'extrémité de la tige (10) du piston hydraulique et l'extrémité du tube mobile (21). L'actionneur comporte en outre des vannes à commande électrique ou pneumatique, des restrictions ajustables, des clapets anti-retour, et un réservoir d'huile (15) maintenu sous pression par un ressort (16) ajustable par une vis (1). Le réservoir peut être mis en connexion au travers des vannes, des restrictions ajustables et des clapets anti-retour avec les deux côtés du piston hydraulique (Ph).

ACTIONNEUR HYDROPNEUMATIQUE RÉGÉNÉRATIF.

L'invention concerne un actionneur hydropneumatique applicable aux actionnements linéaires et rotatifs, comprenant des dispositions ayant pour but principal d'engendrer de manière interne et régénérative une pression hydraulique à partir du mouvement des parties mobiles, permettant par la même occasion de ralentir le mouvement en réglant finement sa vitesse lorsque ceci est requis par l'utilisation.

Il existe sur le marché un grand nombre d'actionneurs pneumatiques et / ou hydrauliques. Certains d'entre eux combinent les avantages des deux types de fluide en réunissant dans un même ensemble un ou plusieurs circuits pneumatiques avec un ou plusieurs circuits hydrauliques.

Le principe de l'actionnement pneumatique présente l'avantage d'obtenir des mouvements de grande vitesse, celle-ci étant toutefois sensible à la charge c'est-à-dire à la résistance au mouvement exercée par l'utilisation. De plus, la précision du mouvement des actionneurs pneumatiques est affectée par la compressibilité du fluide.

Le principe de l'actionnement hydraulique permet de contrecarrer ces deux effets négatifs, donc présente l'avantage de l'insensibilité aux variations de charge, et de la précision ; il présente cependant l'inconvénient d'une vitesse plus faible des actionnements, à cause de la viscosité du fluide hydraulique employé et des pertes de charge qui en découlent.

Les actionneurs linéaires combinés hydropneumatiques connus sont le plus souvent réalisés soit sous forme d'un ou plusieurs actionneurs pneumatiques et d'un ou plusieurs actionneurs hydrauliques montés en ligne dans le même axe donc dans le prolongement l'un de l'autre, ce qui implique une longueur totale de l'ensemble atteignant plus du double de la course effective disponible, soit sous forme d'actionneurs disposés parallèlement côte à côte, ce qui augmente notablement au moins l'une des dimensions transversales de l'ensemble, augmentant simultanément le poids de celui-ci. Dans les deux types de réalisation, des dispositions précises doivent être assurées pour le couplage mécanique des actionneurs.

Le brevet DE10011002 décrit un actionneur hydropneumatique comportant un système générateur de pression hydraulique ; il présente l'inconvénient d'utiliser une membrane flexible et possède une longueur totale bien supérieure au double de sa course.

L'on connaît également le brevet DE10026616 décrivant un actionneur hydropneumatique compact, dont la partie hydraulique permet de réaliser une amplification de force. Cependant, la course disponible est très limitée quand on la compare à la longueur totale, et la vitesse de déplacement n'est pas réglable finement par étranglement du circuit hydraulique.

Pour l'usinage de pièces dans l'industrie, où les exigences de productivité demandent des machines-outils capables d'effectuer de multiples opérations d'usinage (« axes » de travail) à grande vitesse sur une pièce sans devoir la retirer du mandrin, la place réservée aux multiples actionneurs nécessaires est limitée, ce qui exige des actionneurs compacts de longue course, conjuguant vitesse et précision sans à-coups.

Le but de la présente demande de brevet est d'élaborer un actionneur répondant à ces exigences, permettant en outre le réglage de la vitesse de travail, n'exigeant pas de pompe hydraulique externe, tout en restant simple de concept avec un coût de fabrication compétitif par rapport aux actionneurs existants.

La solution permettant d'atteindre ce but est contenue dans les caractéristiques de la revendication indépendante numéro 1.

Un actionneur hydropneumatique correspondant à l'état de la technique comporte un réservoir externe d'huile, une pompe hydraulique, un moteur électrique, des soupapes de

sécurité, des vannes anti-retour, des vannes directionnelles, des vannes régulatrices de flux, le cylindre pneumatique et ses connexions, le cylindre hydraulique et ses connexions.

L'actionneur objet de la présente invention réunit tous les éléments cités ci-dessus en un bloc unique. Cet actionneur peut-être réalisé de manière à engendrer un mouvement linéaire, angulaire ou rotatif. Il est mû au moyen d'une connexion d'air comprimé d'environ 6 à 7 bars et permet en outre de faire appel à la régénération hydraulique, en tirant profit, lorsque l'actionneur est en mouvement, de l'écoulement de l'huile d'un côté du piston hydraulique vers l'autre au travers d'une vanne ajustable, ce qui engendre une surpression hydraulique qui peut atteindre 300 ou même 400 bars. L'huile ainsi mise en surpression aboutit également à un réservoir de stockage situé dans le compartiment arrière de l'actionneur. Cette huile à haute pression exerce aussi un effet de contre-pression s'opposant au mouvement principal, effet auto-régulateur qui permet en fait à la vitesse de s'ajuster de manière douce et progressive aux besoins du travail d'usinage à accomplir.

L'invention sera maintenant décrite en détail en se référant aux figures annexes.

La Fig. 1 représente un dessin schématique permettant de comprendre le fonctionnement du dispositif ; les cylindres sont représentés en ligne pour la clarté de l'exposé, ce qui est correct du point de vue fonctionnel mais ne correspond pas au mode coaxial de réalisation du dispositif, détaillé sur la Fig. 2. Pour simplifier la compréhension du principe de base, l'on n'a représenté qu'une vanne de commande S1, une restriction R1 et une vanne anti-retour A1.

La Fig. 2 représente une coupe de l'actionneur selon un plan passant par l'axe du dispositif, avec les organes de réglage représentés de manière symbolique afin de pouvoir mieux comprendre le fonctionnement du dispositif ; cette figure montre en outre l'actionneur connecté aux composants externes d'un circuit de commande typique.

La Fig. 3 représente une coupe de l'actionneur selon un plan passant par l'axe et selon une variante de réalisation du dispositif, où les organes sont représentés en conformité avec leur aspect réel.

La Fig. 4 représente en détail les rainures périphériques 8 creusées dans le tube intermédiaire 20, recouvertes par le tube externe serti 19, formant ainsi des canaux permettant le retour de l'huile du côté gauche du piston hydraulique et vers le réservoir 15.

L'actionneur se compose de quatre compartiments principaux, à savoir :

- 1) un cylindre pneumatique ;
- 2) un cylindre hydraulique situé coaxialement à l'intérieur du piston pneumatique;
- 3) un compartiment de réglage ;
- 4) un réservoir d'huile.

Ci-après est décrit le fonctionnement de l'actionneur dans le cas du mouvement linéaire.

Une vanne directionnelle externe à commande pneumatique ou électromagnétique V est connectée au cylindre pneumatique. Lorsque le côté gauche de la vanne V est actionné par le solénoïde Sg, le piston pneumatique Pp se meut de gauche à droite, entraînant dans son mouvement le piston hydraulique Ph solidaire du piston pneumatique par une connexion mécanique située au bout 11 de la tige 10 du piston hydraulique. Le compartiment 9 diminue de volume en conséquence du mouvement du piston Ph, chassant l'huile au travers de sillons 8 représentés sur la Fig. 4 qui débouchent dans un collecteur 12. Sur la Fig. 2 ce retour d'huile est simplement représenté symboliquement par la conduite 17. L'huile doit alors traverser en cascade deux vannes de commande et/ou réglage S2 et S1 ; une dérivation 18 permet en outre de connecter la conduite située entre S1 et S2 à un réservoir 15 qui sert à la fois d'accumulateur d'huile, de vase d'expansion et d'organe de réglage de la

pression statique régnant dans le circuit hydraulique grâce au ressort 16 et à la vis de réglage 1.

L'huile ayant traversé ces 2 vannes S2 et S1 retourne dans l'espace situé du côté gauche du piston hydraulique, le déficit d'huile dû aux sections différentes des deux côtés du piston hydraulique étant compensé par l'huile sous pression stockée dans le réservoir 15.

Une première phase du mouvement de gauche à droite des pistons se fait à grande vitesse, car les vannes S2 et S1 laissent l'huile passer librement. Lorsque le déplacement de l'extrémité 11 de la tige 10, extrémité solidaire d'un porte-outil non représenté, est suffisant pour que l'outil se rapproche de la pièce, un capteur de position externe S'1, judicieusement placé dans le but d'informer l'actionneur de ce rapprochement, actionne électriquement ou pneumatiquement la vanne S1 en la fermant, ce qui oblige l'huile à traverser la restriction R1. Une deuxième phase du mouvement commence à cet instant ; la perte de charge causée par cette restriction, ajustable par une vis (représentée par 14 sur la Fig. 3), provoque une augmentation de la pression du côté droit du piston hydraulique, ralentissant le mouvement et permettant de ce fait d'ajuster la vitesse d'avance de l'outil à une valeur adéquate au travail d'usinage à exécuter. Si la résistance au mouvement augmente, par exemple par la dureté de la pièce à usiner, la vitesse diminuera davantage mais la perte de charge dans la restriction R1 diminuera en conséquence, ce qui assure l'effet d'auto-régulation, conférant ainsi une grande précision et la douceur souhaitée pour l'usinage, sans vibrations ni broutement.

Lorsque cette deuxième phase du mouvement est terminée, correspondant à la fin de la passe d'usinage, on change la position de la vanne pneumatique externe V ce qui applique la pression de l'air comprimé du côté droit du piston Pp, tandis que la chambre 5 du côté gauche du piston voit sa pression s'annuler par un passage vers l'atmosphère offert dans la vanne V. Les pistons se déplacent maintenant de droite à gauche à grande vitesse, car la vanne S1 a été à nouveau placée en position d'ouverture (libre passage), donc l'huile peut circuler librement.

L'on peut bien entendu, en permutant la séquence de commande des vannes S1 et S2, réaliser au contraire un mouvement initial rapide de droite à gauche suivi d'un mouvement lent régulé correspondant à une passe d'usinage pendant le retrait du piston, alors que l'avance du piston de gauche à droite se ferait à la vitesse maximum.

La pression dans le réservoir 15 peut être ajustée au début des opérations à une valeur convenable par la vis 1, permettant notamment d'éviter la cavitation de l'huile en toute circonstance ; cette pression sera ensuite auto-maintenue par les surpressions engendrées par les pertes de charge dans les restrictions R1 et R2, suivant la commande particulière de S1 et S2 dépendant du cycle de travail choisi. Des clapets anti-retour A1 et A2 offrent en outre une protection contre des surpressions excessives éventuelles découlant d'une commande inadéquate ou d'une défaillance des vannes S1 ou S2, faisant en sorte que la pression de l'huile ne peut dépasser en aucun point la pression du réservoir 15.

Les vannes S1 et S2 ont été représentées de manière symbolique sur la Fig. 2 pour la clarté de l'exposé. Elles peuvent cependant être réalisées de manière compacte, fonctionnellement équivalente, comme représenté sur la Fig. 3. Dans cette variante, les vannes S1 et S2 ont été intégrées fonctionnellement dans la vanne directionnelle 3, qui peut être pilotée pneumatiquement à l'aide des connexions Y1 et Y2, ou électriquement par un solénoïde intégré dans la vanne 3. Celle-ci est caractérisée par sa flexibilité, pouvant réaliser les mêmes fonctions exposées ci-dessus pour S1 et S2, par un réglage adéquat de ses composants internes ; la vanne 3 peut notamment comporter un piston réversible ou à fonction réversible, permettant de régler finement le mouvement de gauche à droite avec retour rapide de droite à gauche, ou vice versa, comme déjà expliqué à propos du fonctionnement des vannes S1 et S2.

Le mode de fonctionnement de cette variante est détaillé ci-après.

Deux vannes directionnelles pneumatiques externes V1 et V2, non représentées sur la Fig. 3, sont connectées au cylindre pneumatique. Lorsque la vanne V1 est actionnée, le piston pneumatique Pp se meut de gauche à droite, entraînant dans son mouvement le piston hydraulique Ph solidaire du piston pneumatique par une connexion mécanique située au bout 11 de la tige 10 du piston hydraulique. Le compartiment 9 diminue de volume en conséquence du mouvement du piston Ph, chassant l'huile au travers de sillons 8 qui débouchent dans un collecteur 12, d'où l'huile peut suivre deux chemins, soit passer par la vanne 3 commandée par la vanne pneumatique pilote 13, soit traverser la vanne 4 constituant en fait une restriction ajustable par la vis 14. L'huile ayant traversé ces deux vannes 3 et/ou 4 retourne dans la chambre située du côté gauche du piston hydraulique, le déficit d'huile dû aux sections différentes des deux côtés du piston hydraulique étant compensé par l'huile sous pression stockée dans le réservoir 15.

Une première phase du mouvement de gauche à droite des pistons se fait à grande vitesse, car la vanne 3 laisse l'huile passer librement. Lorsque le déplacement de l'extrémité 11 de la tige 10, extrémité solidaire d'un porte-outil non représenté, est suffisant pour que l'outil se rapproche de la pièce, un capteur de position externe, judicieusement placé dans le but d'informer l'actionneur de ce rapprochement, actionne pneumatiquement la vanne pilote 13, ce qui ferme la vanne 3 et oblige l'huile à traverser la restriction 4. Une deuxième phase du mouvement commence à cet instant ; la perte de charge causée par cette restriction, ajustée par la vis 14, provoque une augmentation de la pression du côté droit du piston hydraulique, ralentissant le mouvement et permettant de ce fait d'ajuster la vitesse d'avance de l'outil à une valeur adéquate au travail d'usinage à exécuter. Si la résistance au mouvement augmente, par exemple par la dureté de la pièce à usiner, la vitesse diminuera davantage mais la perte de charge dans la restriction 4 diminuera en conséquence, ce qui assure l'effet d'auto-régulation, conférant ainsi une grande précision et la douceur souhaitée pour l'usinage, sans vibrations ni broutement.

Lorsque cette deuxième phase du mouvement est terminée, correspondant à la fin de la passe d'usinage, la vanne pneumatique externe V2 applique la pression de l'air comprimé du côté droit du piston Pp, tandis que la chambre 5 du côté gauche du piston voit sa pression s'annuler par la commande simultanée de la vanne V1. Les pistons se déplacent maintenant de droite à gauche à grande vitesse, car la vanne 3, soumise à cette inversion de la pression hydraulique, est construite pour offrir le libre passage de l'huile dans cette condition, indépendamment de la position de la vanne pilote 13.

La vanne 3, en plus d'être pilotée par la vanne 13, joue en fait aussi le rôle d'un clapet anti-retour. Cette vanne 3 peut être reprogrammée (action inverse) lorsque l'on désire au contraire freiner le mouvement de droite à gauche. Dans une autre variante d'exécution, cette vanne 3 peut être bilatérale. Dans une autre variante encore, les vannes 3 et 4 peuvent être réunies en une seule vanne assurant un passage proportionnel piloté par la vanne 13. Dans une autre variante, celle-ci peut en outre être électromagnétique, au lieu de pneumatique.

Le compartiment 15 jouant aussi le rôle de réservoir d'huile constitue également une sorte de vase d'expansion, dont la mise en pression est obtenue par le mouvement de la deuxième phase forçant le flux d'huile au travers de la restriction 4, comme il a été exposé plus haut ; la pression dans ce compartiment 15 est en outre maintenue par l'action du ressort 16 quand la vanne 3 est bloquée. La compression du ressort 16, ajustable par la vis de réglage 1, définit en fait le niveau de pression dans le compartiment 15, donc aussi la pression dans le compartiment 9 à droite du piston hydraulique, déterminant ainsi la force résultante sur l'ensemble des deux pistons solidaires, donc aussi la vitesse du mouvement des pistons. Cette vitesse est en fait régulée par l'effet régénératif auto-régulateur de la perte de charge dans la restriction 4, perte de charge qui dépend à son tour de la vitesse.

REVENDEICATIONS

1. Actionneur hydropneumatique applicable aux actionnements linéaires, comprenant des dispositions ayant pour but d'engendrer de manière interne et régénérative une pression hydraulique à partir du mouvement des parties mobiles, permettant par la même occasion de ralentir le mouvement en réglant finement sa vitesse lorsque ceci est requis par l'utilisation, caractérisé en ce que l'actionneur comporte un piston pneumatique (Pp) de forme annulaire pourvu d'un tube mobile (21) serti dans l'alésage interne du piston, le piston pneumatique (Pp) pouvant se déplacer dans un cylindre externe (Cy) sous l'effet d'un différentiel de pression appliqué de l'extérieur par des connexions pneumatiques (X1, X2), l'actionneur étant pourvu en outre d'un piston hydraulique (Ph) coaxial pourvu d'une tige (10) coulissant dans une chemise coaxiale fixe (19, 20) séparant les deux pistons, ceux-ci restant solidaires l'un de l'autre par une connexion mécanique (11) entre l'extrémité de la tige (10) du piston hydraulique et l'extrémité du tube mobile (21), l'actionneur comportant en outre deux vannes (S1, S2) à commande électrique ou pneumatique, deux restrictions ajustables (R1, R2) et deux clapets anti-retour (A1, A2), un réservoir d'huile (15) maintenu sous pression par un ressort (16) ajustable par une vis (1), réservoir pouvant être mis en connexion au travers des vannes (S1, S2), des restrictions ajustables (R1, R2) et des clapets anti-retour (A1, A2) avec les deux côtés du piston hydraulique (Ph).
2. Actionneur hydropneumatique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les vannes (S1, S2) à commande électrique ou pneumatique sont fonctionnellement intégrées dans une vanne directionnelle (3).
3. Actionneur hydropneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les restrictions ajustables (R1, R2) et les clapets anti-retour (A1, A2) sont intégrés en un seul élément (4) ajustable par une vis (14) située sur la paroi du cylindre, cet élément étant en outre aisément démontable.
4. Actionneur hydropneumatique selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que des moyens de réversibilité sont mis en œuvre dans la vanne directionnelle (3) ou dans l'élément ajustable (4) de manière à pouvoir ralentir le mouvement des pistons dans l'un ou l'autre des sens du mouvement selon le type de travail à réaliser.
5. Actionneur hydropneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le côté du piston hydraulique (Ph) entourant la tige (10) dudit piston est connecté aux vannes (S1, S2, 3, 4) au travers de canaux (8) intégrés dans la chemise coaxiale fixe (20).

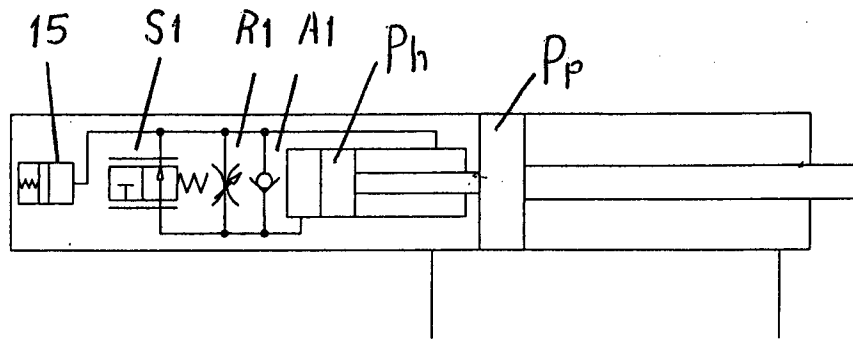


Fig. 1

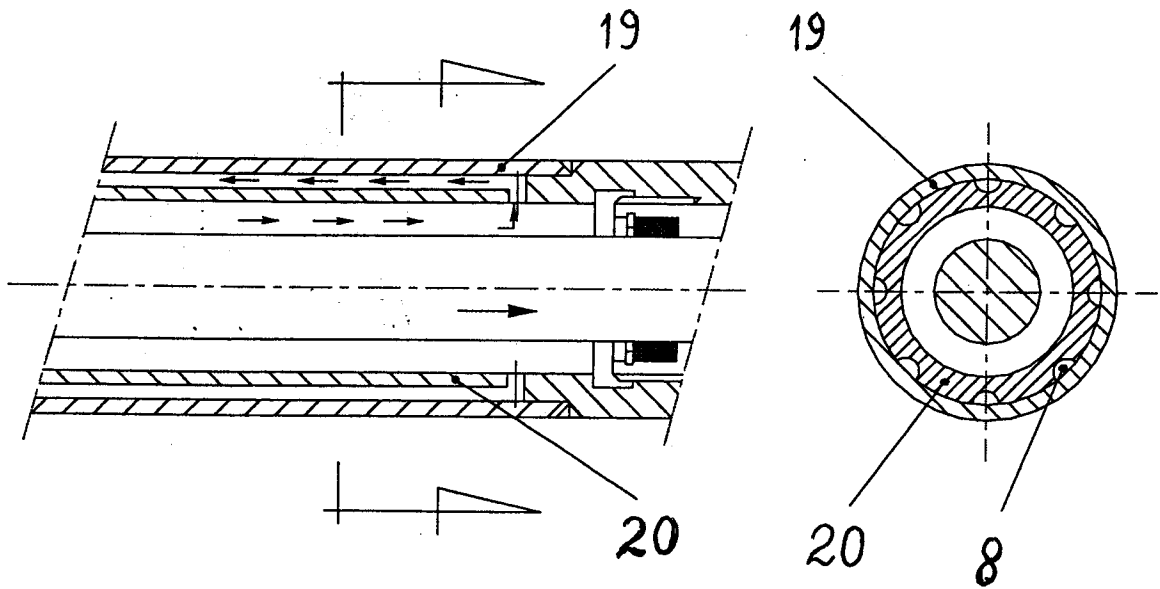


Fig. 4

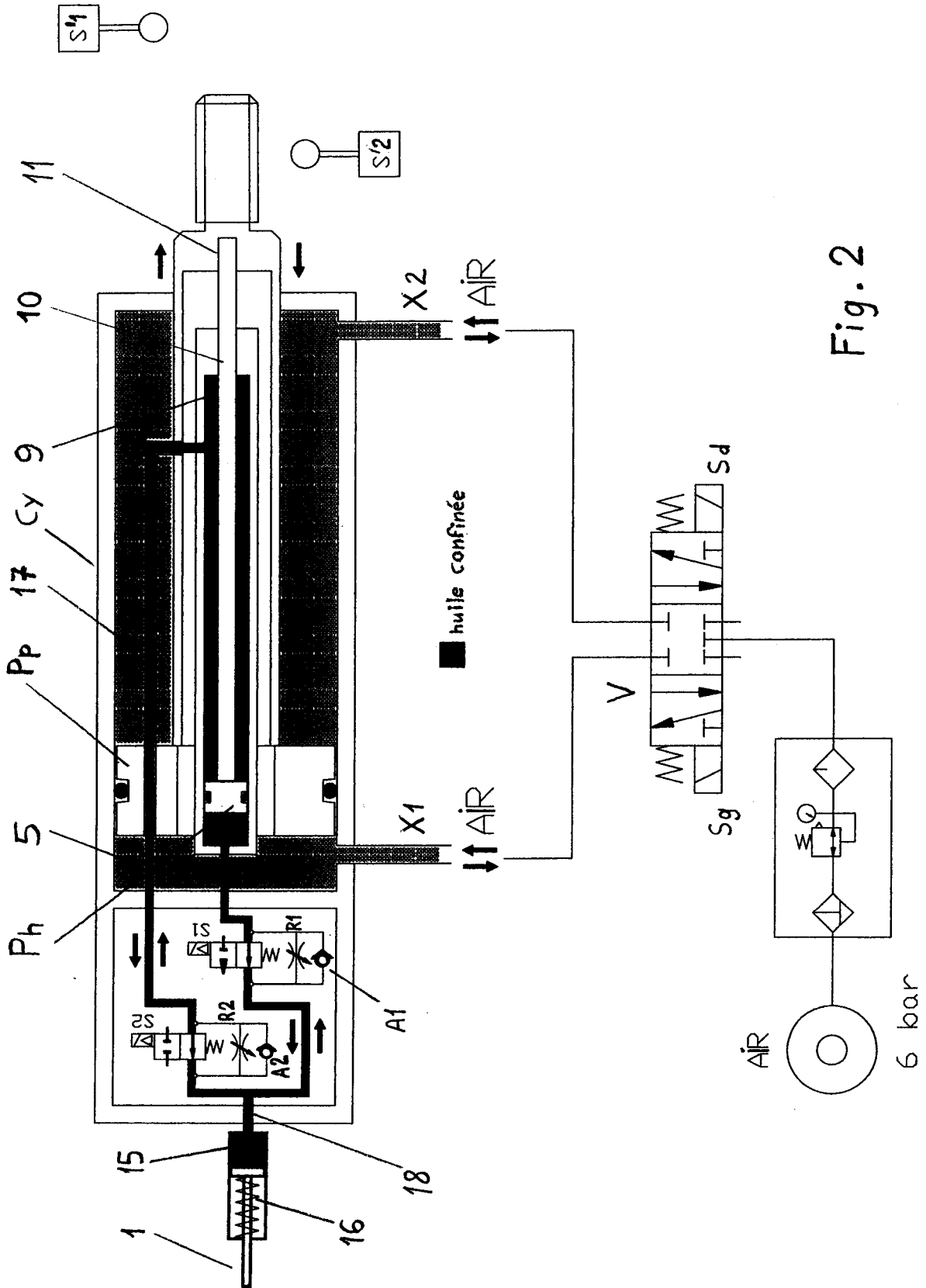


Fig. 2

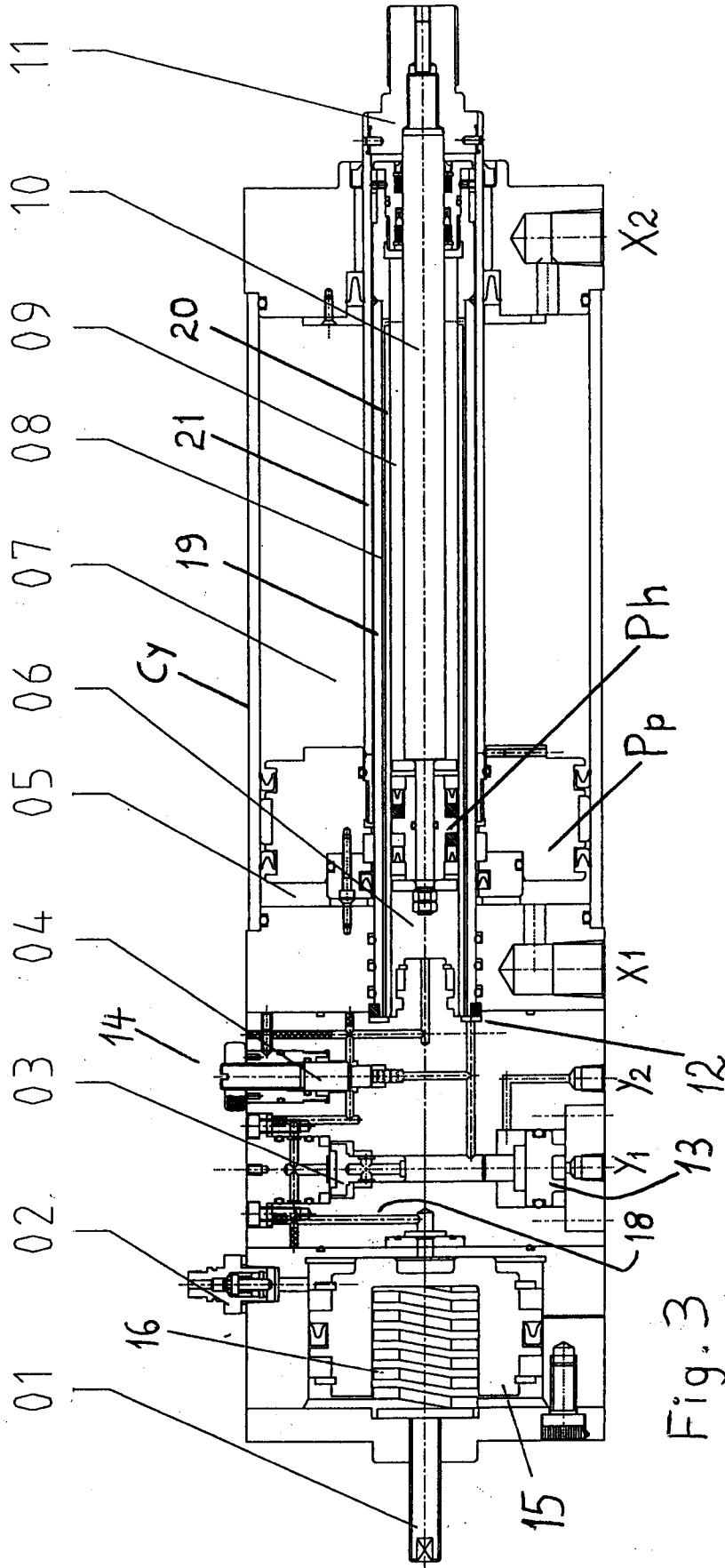


Fig. 3