

(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
12 octobre 2006 (12.10.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/106240 A2

(51) Classification internationale des brevets : **Non classée**

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/000768

(22) Date de dépôt international : 6 avril 2006 (06.04.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0503436 6 avril 2005 (06.04.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MOV-
ING MAGNET TECHNOLOGIES (MMT)** [FR/FR];
Zac La Fayette, 1 rue Christiaan Huygens, F-25000
Besançon (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **AN-
DRIEUX, Gaël** [FR/FR]; 4, rue des Sources, Bât. C,
F-25000 Besançon (FR). **BIWERSI, Stéphane** [FR/FR];
5 rue Saint-John-Perse, F-25000 Besançon (FR).

(74) Mandataire : **BREESE, DERAMBURE, MAJEROW-
ICZ**; 38 avenue de l'Opéra, F-75002 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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), eurasién (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, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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.

(54) Title: **QUICK-ACTION BISTABLE POLARIZED ELECTROMAGNETIC ACTUATOR**

(54) Titre : **ACTIONNEUR ELECTROMAGNETIQUE POLARISE BISTABLE A ACTIONNEMENT RAPIDE**

(57) Abstract: The invention relates to an electromagnetic actuator comprised of a mobile assembly, a fixed ferromagnetic stator assembly, at least one electric field coil, and of at least one permanent magnet, having two stable positions of equilibrium without current at its ends of travel. The invention is characterized in that the mobile assembly has two distinct ferromagnetic armatures placed on both sides of the stator assembly and each forms, together with the stator assembly, at least one magnetic circuit, and is characterized in that the permanent magnet magnetically cooperates with one of the other ferromagnetic mobile parts in a stable position of equilibrium without current at the end of travel.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un actionneur électromagnétique constitué d'un ensemble mobile, d'un ensemble statorique ferromagnétique fixe comportant au moins une bobine d'excitation électrique et au moins un aimant permanent, possédant deux positions d'équilibre stables sans courant à ses extrémités de course, caractérisé en ce que l'ensemble mobile présente deux armatures ferromagnétiques distinctes distribuées de part et d'autre de l'ensemble statorique et formant chacune, avec ledit ensemble statorique, au moins un circuit magnétique, et en ce que l'aimant permanent coopère magnétiquement avec l'une ou l'autre des parties ferromagnétiques mobiles en position d'équilibre stable sans courant d'extrémité de course.

WO 2006/106240 A2

**ACTIONNEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE POLARISÉ BISTABLE À
ACTIONNEMENT RAPIDE**

La présente invention concerne le domaine des
5 actionneurs électromagnétiques polarisés, plus
particulièrement destinés à des applications nécessitant
de brefs temps de déplacements sur une course
significative, et, par exemple, à l'actionnement
électrique des soupapes d'un moteur à combustion interne.

10 On connaît dans l'état de l'art des solutions
d'actionneurs de soupape non polarisés destinés à
l'actionnement, telles que décrites par exemple dans le
brevet US06078235. Un actionneur selon cet exemple
comporte deux électroaimants fixes disposés de part et
15 d'autre d'une armature ferromagnétique mobile capable de
venir au contact de l'un ou l'autre des électroaimants
selon l'alimentation de deux bobines montées chacune sur
un des stators des électroaimants. Des ressorts de rappel
sont également distribués de part et d'autre du système
20 électromagnétique garantissant une position d'équilibre
sans courant au milieu de la course totale de l'armature
mobile. Cependant, ces solutions présentent plusieurs
défauts. Par exemple, elles nécessitent un courant de
maintien lorsque l'actionneur est en position extrême (par
25 exemple cas d'une soupape fermée). De plus, elles
nécessitent une phase d'initialisation lors de la mise en
route du système, destinée à faire passer la masse mobile
d'une position médiane à la position haute et offrent des
possibilités de contrôlabilité limitées.

30 On connaît par ailleurs dans l'état de la technique
des actionneurs électriques de soupapes polarisés
permettant de pallier ces défauts, et d'apporter des
avantages spécifiques aux actionneurs bistables
polarisés : maintien en position de fin de course sans

consommation de courant, meilleure contrôlabilité du système...

De tels actionneurs sont par exemple divulgués dans le brevet européen EP 1 010 866. Un actionneur selon cet exemple comporte deux électroaimants fixes, dont au moins un est polarisé par une paire d'aimants judicieusement placés, disposés de part et d'autre d'un organe ferromagnétique mobile pouvant venir au contact du premier électroaimant ou du second selon les séquences de pilotages choisies. Ainsi défini, le présent exemple permet de moduler électriquement les efforts d'attraction sans courant générés par les aimants au travers des électroaimants sur l'organe mobile mais aussi de diminuer la consommation électrique par des positions stables sans courant. Cependant, dans cette configuration chacun des aimants n'interagit qu'avec un électroaimant, ce qui induit une utilisation non optimale du flux magnétique généré par les aimants. Il en est de même pour les bobines qui n'offrent pas une utilisation coopérative optimale avec les deux électroaimants polarisés.

L'objet de la présente invention est d'optimiser le rendement des aimants implantés dans la structure électromagnétique polarisée et de proposer un mode de pilotage optimisé et simplifié.

À cet effet, l'actionneur selon l'invention présente une unique partie statorique fixe judicieusement polarisée par au moins un aimant et associée à au moins une bobine, et une partie ferromagnétique mobile composée de deux armatures ferromagnétiques solidaires d'un même élément mobile et disposées de part et d'autre du stator.

Défini de cette façon, l'actionneur électromagnétique comporte une première position stable sans courant lorsque l'armature dite « supérieure » de la partie mobile est au contact de la partie haute du stator

définissant ainsi un premier circuit magnétique remarquable associé à un premier chemin de flux préférentiel. De la même façon, l'actionneur électromagnétique comporte une seconde position stable sans courant lorsque l'armature dite « inférieure » de la partie mobile est au contact de la partie basse du stator définissant ainsi un deuxième circuit magnétique remarquable associé à un second chemin de flux préférentiel.

10 Quand la partie mobile est en position médiane au regard de la partie statorique, le flux magnétique sans courant se divise de manière égale entre les deux circuits magnétiques remarquables. La masse mobile est donc dans une position d'équilibre instable.

15 L'aimant coopère totalement (aux fuites près) avec la partie mobile en fin de course. Le même aimant coopère alternativement avec l'une ou l'autre des parties ferromagnétiques en bout de course. L'aimant coopère « totalement » avec la partie mobile en fin de course, 20 puis ensuite « totalement » avec l'autre partie mobile.

Par ailleurs, ce type de structure présente la particularité de produire une très grande force sans courant dans chacune des positions stables sans courant en bout de course.

25 De plus, ce type d'actionneur présente la particularité d'avoir une force relativement faible sur une grande partie de sa course, comme le montrent les figures 1 & 2. Ainsi, la force contre-électromotrice exercée sur la partie mobile en mouvement est fortement 30 réduite sur la majeure partie de la course.

Avantageusement, la partie fixe est formée par un noyau ferromagnétique entouré par un aimant mince aimanté transversalement, ledit noyau étant en outre entouré par au moins une bobine électrique coaxiale avec l'aimant

permanent, ladite partie fixe comportant en outre une culasse extérieure entourant ledit aimant permanent et ladite bobine fixe pour former des cornes polaires aptes à coopérer magnétiquement avec l'une ou l'autre des armatures ferromagnétiques de la partie mobile.

Selon un aspect de l'invention, l'ensemble statorique présente une section rectangulaire.

Selon un autre aspect de l'invention, l'ensemble statorique présente une section circulaire.

Avantageusement, l'ensemble mobile est constitué par un axe traversant l'ensemble statorique et supportant au moins une armature ferromagnétique présentant une section correspondant à la section de la culasse de la partie statorique.

Dans une configuration, l'actionneur électromagnétique présente deux jeux de bobines d'excitation connectés indépendamment.

Dans une configuration préférée, quoique non exclusive, chacun des circuits magnétiques remarquables est associé à une bobine d'excitation qui est judicieusement connectée (en série ou en parallèle) avec son pendant voisin, définissant ainsi une phase électrique unique. Dans cette configuration particulière, l'agencement des bobines dans la phase électrique est réalisé de façon telle que le flux magnétique généré par la première bobine vienne se retrancher au flux sans courant du premier circuit magnétique remarquable alors que le flux magnétique généré par la seconde bobine vient s'additionner au flux sans courant du second circuit magnétique remarquable. Selon le mode d'alimentation ainsi défini, l'actionneur peut être piloté à l'aide d'un unique courant bipolaire.

Ainsi, l'actionneur selon cette variante préférentielle est monophasé et parcouru par un courant

bipolaire. Cela permet en outre de réduire le nombre de transistors de puissance et le coût de l'électronique (au plus 4 transistors).

Selon un mode de pilotage préféré, le courant
5 alimentant la phase électrique de l'actionneur peut être modulé, et ce sans nécessairement avoir à changer sa polarité, afin de ralentir ou accélérer l'organe mobile durant son parcours d'un bout de course à l'autre. On bénéficie d'une meilleure pilotabilité de l'actionneur
10 tout en conservant une bonne dynamique du courant. Ce mode de pilotage permet de mettre en place une stratégie de « soft landing » et donc de diminuer de façon drastique le bruit occasionner par l'atterrissage de la partie mobile sur la partie statorique.

15

Ce type d'actionneur présente également la particularité de regrouper en son centre la partie statorique, à savoir une partie ferromagnétique comportant un ou plusieurs aimants permanents mais aussi une ou
20 plusieurs bobines. Cette spécificité permet de concentrer les flux magnétiques d'excitation dans une zone localisée et maîtrisée. C'est une particularité qui peut être mise à profit lors de l'intégration dans l'un au moins des circuits magnétiques remarquables d'un éventuel capteur de
25 position, par exemple à effet Hall ou de type inductif.

Selon une variante préférée, l'actionneur comporte un système de rappel élastique exerçant une force sur chacune des extrémités de l'organe mobile destiné à maintenir ce dernier proche de son milieu de course et
30 conférant à l'actionneur ainsi désigné la qualité de système masse-ressort. L'actionneur sus-défini, aux éléments élastiques judicieusement dimensionnés, possède deux positions d'équilibre utiles stables sans courant et une dynamique de déplacement accrue.

Selon un mode de réalisation particulier, l'actionneur comporte deux ressorts de compression exerçant chacun une force équilibrée sur chacune des deux armatures mobiles. De cette façon, les armatures mobiles
5 peuvent être avantageusement mises à contribution non pas en tant que seul organe magnétique mais aussi en tant que butée d'arrêt mécanique pour les ressorts.

Selon un mode de réalisation particulier, les ressorts sont placés d'un même côté de l'organe mobile et
10 séparés chacun par une pièce tierce liée à l'organe mobile.

Le système de rappel élastique ici décrit confère par nature à l'ensemble mobile une vitesse maximale au milieu de la course, élevée sur la majeure partie de la
15 course et quasiment nulle au voisinage des extrémités de la course, il faut donc noter qu'il est tout à fait adapté au principe de l'actionneur ici décrit. En effet, la force contre électro-motrice étant par nature proportionnelle à la vitesse de la partie mobile et de nature à la ralentir,
20 celle-ci étant réduite sur une majeure partie de la course voire quasi-nulle dès que la course devient relativement conséquente, elle permet alors de réduire au maximum les pertes de nature à pénaliser la dynamique du système.

25 Selon un mode de réalisation particulier, la structure présente une invariance géométrique extrusive et permet ainsi de réaliser avantageusement le circuit magnétique de l'actionneur dans un matériau magnétique doux feuilleté.

30 Selon une première variante, la structure pourra être polarisée par deux aimants plats placés symétriquement par rapport à l'axe principal de l'actionneur. Selon une seconde variante, l'actionneur

pourra être défini axisymétriquement à l'aide d'un unique aimant bague aimanté sensiblement radialement.

L'actionneur électromagnétique comporte un aimant bague d'axe de révolution colinéaire à l'axe principal de
5 l'actionneur et aimanté sensiblement radialement.

Ainsi implantés, et lorsque la partie mobile est ôtée, les aimants distribuent un champ magnétique dans le stator qui reboucle ensuite dans l'air avoisinant les pôles statoriques. Les flux magnétiques générés par les
10 aimants décrivent un circuit magnétique pouvant être avantageusement mis à profit lors d'une phase d'aimantation. De ce fait, celle-ci pourra se faire avantageusement lorsque les aimants sont déjà intégrés dans la structure magnétique. De cette manière, on réalise
15 un gain de temps certain sur la phase d'aimantation puisqu'un unique stator polarisé est requis mais on réalise également un gain de temps sur les phases d'assemblages qui par conséquent sont simplifiées par la manipulation d'aimants non aimantés.

20 Ce type d'actionneur a une course utile sensiblement égale à la somme de l'entrefer séparant l'armature dite « inférieure » de la partie basse de l'ensemble statorique et de l'entrefer séparant l'armature dite « supérieure » de la partie haute de l'ensemble statorique. Selon les
25 contraintes de fabrication et d'assemblage, les contraintes de dimensionnement et les contraintes d'intégration dans un système complet, les butées mécaniques définissant les bouts de courses devront être adaptées.

30 Ainsi selon une première variante particulière, les butées mécaniques de début et fin de course seront réalisées par le contact direct des armatures ferromagnétiques sur la partie statorique ferromagnétique.

Selon une seconde variante particulière, les butées mécaniques seront réalisées par l'ajout d'une tierce partie amagnétique située entre les armatures ferromagnétiques et la partie statorique ferromagnétiques.

5 De cette façon, l'entrefer de collage peut être ajusté afin de régler l'effort de maintien des positions stables sans courant. Suivant des techniques bien connues, on pourra réaliser par exemple ces tierces parties par l'ajout mécanique d'une pièce ou par un dépôt de matière.

10 Les parties statorique et/ou mobile présentent une partie amagnétique garantissant un entrefer résiduel dans les extrémités de course.

Selon une troisième variante particulière, les butées mécaniques pourront faire l'objet d'un déport de situation et ne plus être réalisées directement entre les armatures et l'ensemble statorique. Ainsi les butées mécaniques sont réalisées entre un ou plusieurs organes liés à la partie mobile et un ou plusieurs organes liés à la partie statorique. Outre le fait de déporter les butées de début et fin de course, cet artifice permet également un réglage de la course utile et de la force de maintien sans courant aux positions stables aux extrémités de course.

25 Dans les positions d'extrémités de course, il subsiste un entrefer résiduel entre l'armature et la partie statorique, le contact se faisant entre un élément de la partie mobile et un élément du bâti dont est solidaire la partie statorique.

30 Selon une variante particulière, la partie mobile est articulée autour d'un axe de rotation sensiblement situé au centre du plan médian de la structure. De cette façon, les deux armatures sont solidaires d'un axe rotatif et viennent au contact de la partie statorique par un

biseautage des pôles magnétiques de la partie statorique (Figure 11) ou rotorique. L'angle des biseaux permet de dimensionner la course angulaire de l'actionneur selon les besoins du concepteur. Outre cet aménagement, la structure magnétique demeure sensiblement la même que pour une actuation linéaire. De la même manière que pour les variantes linéaires, la présente variante peut également être associée à un système de rappel élastique, utilisant par exemple, et de manière non exclusive, des ressorts de compression ou des ressorts spiraux.

Selon un aspect de l'invention, l'actionneur électromagnétique comporte au moins un capteur de position intégré dans la structure statorique.

Selon un autre aspect de la présente invention, l'actionneur électromagnétique comporte au moins un capteur de position intégré dans la structure mobile.

Selon un autre aspect de la présente invention, les informations de courant et/ou de position permettent un pilotage optimisé, et notamment une minimisation de la vitesse d'impact en bout de course.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faisant référence aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente l'allure de la variation de la constante de force d'un actionneur selon l'invention en fonction de la position de la partie mobile,

- la figure 2 représente l'allure de la variation des profils de forces sans courant, du système élastique de rappel et du couplage de ces deux forces suscitées en fonction de la position de l'organe mobile,

- la figure 3 représente une vue en coupe d'un actionneur selon l'invention,

- la figure 4 représente une vue en coupe d'une variante d'un actionneur selon l'invention,
- la figure 5 représente une vue en coupe d'un actionneur selon une variante particulière de l'invention,
- 5 - la figure 6 représente une vue en coupe d'un actionneur selon une variante particulière de l'invention,
- la figure 7 représente une vue en coupe d'une variante d'un actionneur selon l'invention dans lequel est implémentée une solution de capteur inductif sous la forme de bobines ajoutées (15,16) détectant les variations de flux magnétiques circulant dans les circuits magnétiques remarquables. Ce faisant il est aisé d'en déduire la position de l'organe mobile,
- 10 - la figure 8 représente une vue en coupe d'une variante d'un actionneur selon l'invention, défini en ce qu'il a une unique bobine et un unique aimant,
- la figure 9 représente une vue en coupe de l'actionneur où la partie mobile est en position haute,
- la figure 10 représente une vue en coupe de l'actionneur où la partie mobile est en position basse,
- 20 - la figure 11 représente une vue en coupe d'une variante rotative d'un actionneur selon l'invention,
- la figure 12 représente la distribution des lignes de flux magnétiques au travers de la structure lorsque l'organe mobile est en position basse. On considère cette position comme singulière,
- 25 - la figure 13 représente la distribution des lignes de flux magnétiques au travers de la structure lorsque l'organe mobile est en position haute. On considère cette position comme singulière,
- 30 - la figure 14 représente la distribution du champ magnétique lorsque la partie mobile est centrée sur sa course.

L'actionneur présenté à titre d'exemple non limitatif en figure 3 comporte une partie statorique constitué de pièces en matériau ferromagnétique doux (1,3). La pièce (1) forme un noyau. La pièce (3) forme une culasse. Cet ensemble définit un circuit magnétique statorique polarisé par deux aimants plats (3a,3b) introduits dans la partie centrale de la structure. Ces derniers sont aimantés de façon sensiblement symétrique par rapport au plan perpendiculaire au plan de coupe de la figure 3 et passant par l'axe principal de l'actionneur. La culasse (3) se prolonge de part et d'autre du noyau (1).

Les pièces constituant la partie statorique peuvent être, à titre d'exemple, réalisées en acier magnétique doux feuilleté du type fer silicium ou en acier magnétique doux fritté du type fer phosphore afin de limiter les pertes par courants de Foucault.

Une partie ferromagnétique mobile est constituée de 2 armatures (2a, 2b) distribuées de part et d'autre de la partie statorique, et solidaires d'un axe (11) amagnétique, en inox amagnétique par exemple. La figure 14 donne une représentation de l'actionneur en milieu de course. Dans cette position, la distribution des lignes de champ sans courant au travers de la structure ferromagnétique est symétrique par rapport au plan perpendiculaire au plan de coupe et parallèle à l'axe. Cette position d'équilibre magnétique instable est confortée par l'adjonction de deux ressorts (7a, 7b) qui sont placés et précontraints de façon à ce que la position de milieu de course soit mécaniquement stable sans courant. Cela est rendu possible par la présence d'une partie fixe (9a, 9b) qui est la représentation symbolique d'un bâti amagnétique dans lequel viendrait s'installer la

présente invention. Dans le cas où l'application visée est un actuateur de soupape électrifié pour moteur à combustion interne, le bâti pourrait être par exemple le carter du moteur et l'axe (11) serait solidaire de la
5 soupape à mouvoir.

La partie mobile en mouvement est solidaire de l'axe (11) et est guidée linéairement par des artifices de guidages que l'exemple désigne (10) comme étant des
10 coussinets ajustés.

Les figures 9 et 10 représentent les deux positions de bouts de course de l'actionneur. En particulier la figure 10 donne à voir la position extrême basse de la partie mobile et dans ce cas l'armature haute (2a) est au
15 contact, ou non loin du contact, de la partie statorique. Cette position stable est maintenue grâce à la force sans courant très élevée dans cette position de contact ou quasi-contact. La figure 8 est alors le pendant de la figure 9 mais cette fois pour un axe en position haute et
20 une armature basse (2b) au contact de la partie statorique.

Lorsque la partie mobile est en position basse comme le montre la figure 10, le flux magnétique sans courant prend un chemin préférentiel comme le montre la figure 12.
25 Il s'agit d'un premier circuit magnétique remarquable. De la même façon, lorsque la partie mobile est en position haute comme le montre la figure 9, le flux magnétique sans courant préférera emprunter un second circuit magnétique préférentiel comme le montre la figure 13. Ces deux
30 circuits définissent les deux positions stables sans courant en bouts de course. Lorsque la partie mobile se situe entre les deux extrémités de la course, la distribution du champ magnétique sans courant est globalement au prorata de l'avancement de la partie mobile

au regard de la pleine course. Ainsi et comme le montre la figure 14, le milieu de course se traduit par une distribution symétrique des flux sans courant entre les deux armatures (2a,2b) de l'organe mobile et conséquemment
5 d'une force sans courant nulle en cette position.

Deux bobines (5a, 5b) sont placées dans deux logements prévus à cet effet. Une première bobine (5a) est enroulée sur une partie polaire (13) du stator de façon à ce que l'axe de bobinage soit colinéaire à celui du
10 mouvement. De même une seconde bobine (5b) est installée sur une seconde partie polaire statorique (14). Les deux bobines sont préférentiellement connectées entre elles (en série ou en parallèle) pour former une phase unique, et ce de façon à ce que lorsqu'un courant circule dans un sens
15 arbitrairement positif dans la phase, le flux magnétique généré par le courant électrique vienne s'ajouter au flux sans courant généré par les aimants dans la partie polaire 13 et se retrancher au flux sans courant généré par les aimants dans la partie polaire 14. De manière analogue, un
20 courant arbitrairement négatif dans la phase fera s'ajouter les flux avec courant et sans courant dans la partie polaire 14 mais se retrancher dans la partie polaire 13. Ainsi lorsque la partie mobile est en fin de course dans la position basse illustrée par la figure 10,
25 un courant négatif génère un flux magnétique qui vient se soustraire au flux sans courant. De cette façon, la force de maintien sans courant est amputée d'une quantité directement liée à l'intensité du courant circulant dans la phase électrique. Ce faisant, il correspondra une
30 valeur de courant électrique permettant à la force de rappel générée par le système ressort de prendre le pas sur la force de maintien sans courant. L'organe mobile va donc quitter cette position d'équilibre stable (13) sans courant pour prendre rapidement de la vitesse et se

diriger vers l'autre extrémité de la course (14) et sa seconde position d'équilibre stable. Lorsque l'organe mobile aura franchi le milieu de course, (lieu où son énergie cinétique est maximale), le courant circulant dans la phase devient alors moteur puisque ce dernier génère un flux magnétique venant s'additionner au flux sans courant sur l'appendice polaire 14. La vitesse globale de l'organe mobile est alors liée à la raideur des ressorts, mais aussi au courant parcourant la phase électrique. Ainsi, on est capable d'avoir une modulation de la vitesse d'impact de la partie mobile sur la partie statorique (ou les butées mécaniques de bouts de course) en ajustant au mieux le courant dans la phase électrique. Dès que l'organe mobile a terminé sa course et est rentré au contact de la partie statorique, le courant peut s'annuler sans que la partie mobile quitte sa seconde position d'équilibre stable sans courant (14). En changeant la polarité du courant, on effectue la course dans l'autre sens.

L'utilisation d'un ou plusieurs capteurs de position, intégrés à la structure (tel que par exemple décrit à la figure 7), ou ajoutés à la structure, permet d'optimiser le pilotage de l'actionneur, et notamment la gestion de la vitesse d'impact de la partie mobile sur la partie statorique, de par un fonctionnement asservi en boucle fermée.

En fonction de l'application visée, dans une position stable donnée, on peut envisager d'alimenter la phase électrique de façon telle que la force avec courant vienne s'ajouter à la force sans courant. Ainsi on crée avec peu de courant une force de maintien supérieure à la force de maintien sans courant. Ce procédé peut être poussé jusqu'à la limite d'échauffement du système afin

d'obtenir une force de collage maximale. De cette manière, on est capable de supporter des charges beaucoup plus élevées dans les positions stables d'extrémités de course.

- 5 L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemples non limitatifs. Il est bien entendu que l'Homme de Métier sera à même de réaliser diverses variantes sans pour autant sortir du cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1 - Actionneur électromagnétique constitué d'un
5 ensemble mobile, d'un ensemble statorique ferromagnétique
fixe comportant au moins une bobine d'excitation
électrique et au moins un aimant permanent, possédant deux
positions d'équilibre stables sans courant à ses
extrémités de course, caractérisé en ce que l'ensemble
10 mobile présente deux armatures ferromagnétiques distinctes
distribuées de part et d'autre de l'ensemble statorique et
formant chacune, avec ledit ensemble statorique, au moins
un circuit magnétique, et en ce que l'aimant permanent
coopère magnétiquement avec l'une ou l'autre des parties
15 ferromagnétiques mobiles en position d'équilibre stable
sans courant d'extrémité de course.

2 - Actionneur électromagnétique selon la
revendication 1, caractérisé en ce que la partie fixe est
20 formée par un noyau ferromagnétique entouré par un aimant
mince aimanté transversalement, ledit noyau étant en outre
entouré par au moins une bobine électrique coaxiale avec
l'aimant permanent, ladite partie fixe comportant en outre
une culasse extérieure entourant ledit aimant permanent et
25 ladite bobine fixe pour former des cornes polaires aptes à
coopérer magnétiquement avec l'une ou l'autre des
armatures ferromagnétiques de la partie mobile.

3 - Actionneur électromagnétique selon la
30 revendication 2, caractérisé en ce que la partie
statorique comporte deux bobines électriques disposées de
part et d'autre de l'aimant permanent.

4 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble statorique présente une section rectangulaire.

5

5 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'ensemble statorique présente une section circulaire.

10 6 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble mobile est constitué par un axe traversant l'ensemble statorique et supportant au moins une armature ferromagnétique présentant une section
15 correspondant à la section de la culasse de la partie statorique.

7 - Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'ensemble
20 mobile est constitué par un axe traversant l'ensemble statorique et supportant deux armatures ferromagnétiques disposées de part et d'autre de la partie statorique.

8 - Actionneur électromagnétique selon l'une
25 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble mobile se déplace linéairement.

9 - Actionneur électromagnétique selon l'une
30 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est monophasé.

10 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie mobile a un mouvement rotatif.

11 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il présente au moins deux bobines d'excitation connectées en série.

5

12 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il présente au moins deux bobines d'excitation connectées en parallèle.

10

13 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il présente deux jeux de bobines d'excitation connectés indépendamment.

15

14 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble mobile est associé à un système élastique exerçant une force tendant à maintenir l'ensemble mobile proche de son milieu de course.

20

15 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système élastique est constitué de deux ressorts de compression exerçant chacun une force sensiblement équivalente sur chacune des deux armatures mobiles, constituant des butées d'arrêt mécaniques pour les ressorts.

25

16 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des ressorts sont placés d'un même côté de la partie statorique et séparés par une pièce mécanique supplémentaire montée sur l'axe de la partie mobile.

30

17 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure comporte deux aimants plats disposés sensiblement symétriquement par rapport à un plan médian contenant
5 l'axe de déplacement de la partie mobile.

18 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure comporte un aimant bague d'axe de révolution (OZ)
10 colinéaire à l'axe principal de l'actionneur et aimanté sensiblement radialement.

19 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en
15 ce que la partie statorique est feuilletée.

20 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'une ou l'autre des armatures vient au contact direct de la partie
20 statorique dans les positions d'extrémités de course.

21 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les parties statorique et/ou mobile présentent une partie amagnétique
25 garantissant un entrefer résiduel dans les extrémités de course

22 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans les positions
30 d'extrémités de course, il subsiste un entrefer résiduel entre l'armature et la partie statorique, le contact se faisant entre un élément de la partie mobile et un élément du bâti dont est solidaire la partie statorique.

23 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la modulation du courant dans au moins une des phases permette une minimisation de la vitesse d'impact en bout de course.

5

24 - Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est associé à au moins un capteur détectant la position de la partie mobile.

10 25 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un capteur de position intégré dans la structure statorique.

15 26 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un capteur de position intégré dans la structure mobile.

20 27 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est associé à au moins un moyen permettant de connaître le courant dans au moins une de ses phases.

25 28 - Actionneur électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les informations de courant et/ou de position permettent un pilotage optimisé, et notamment une minimisation de la vitesse d'impact en bout de course.

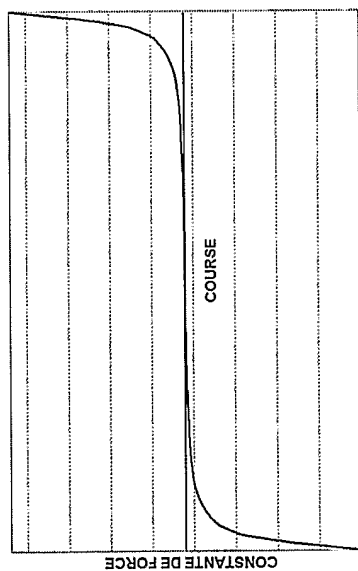
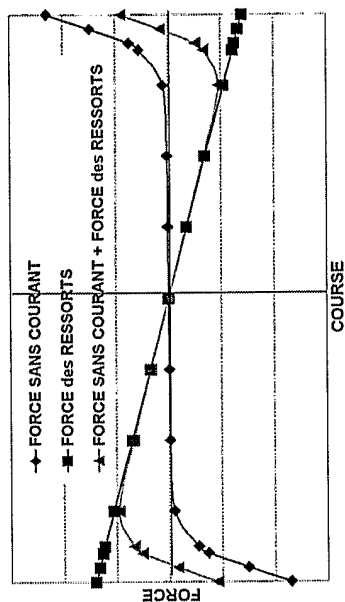


Figure 1

Figure 2

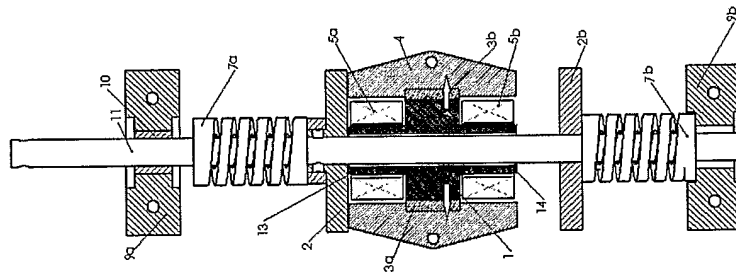
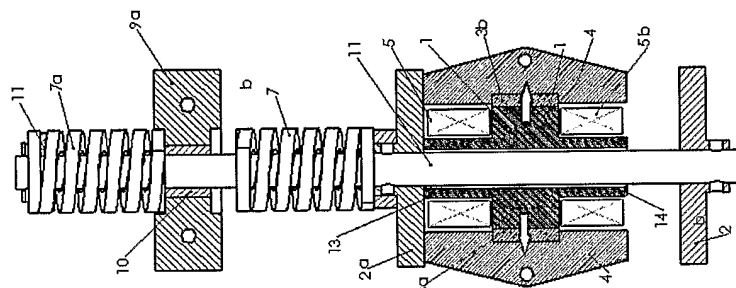
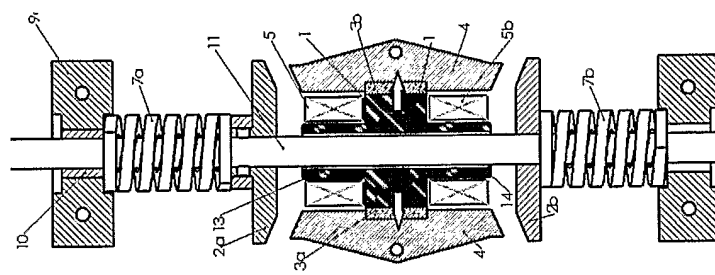


Figure 3

Figure 4

Figure 5

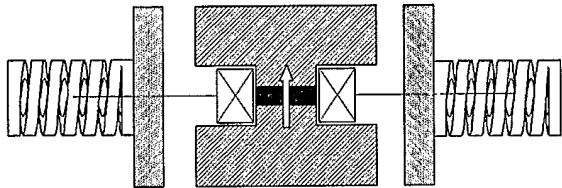


Figure 8

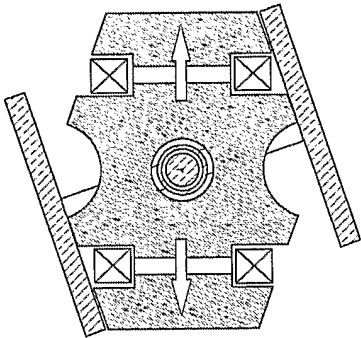


Figure 11

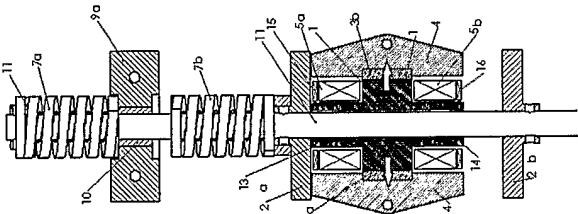


Figure 7

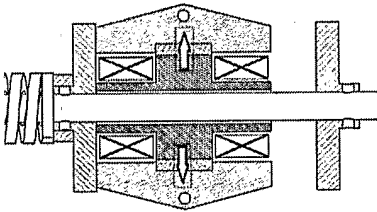


Figure 10

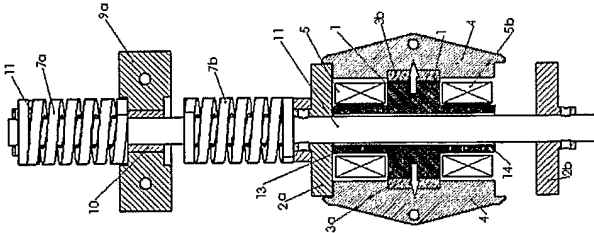


Figure 6

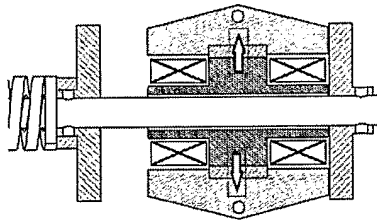


Figure 9

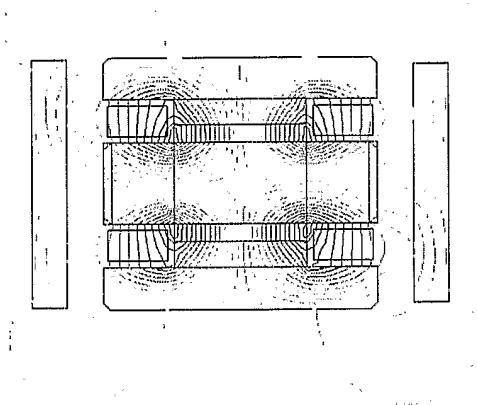


Figure 14

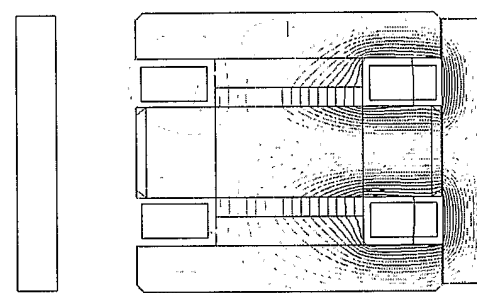


Figure 13

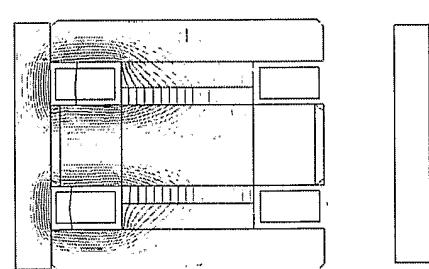


Figure 12