

(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  
5 août 2004 (05.08.2004)

PCT

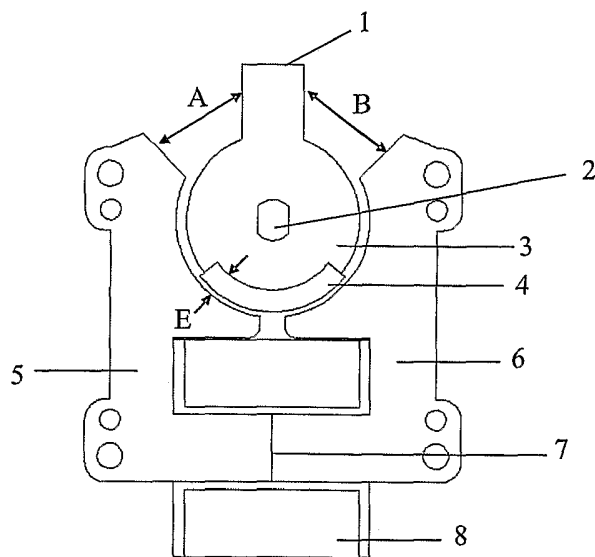
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2004/066476 A1**

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
**H02K 26/00**, H01F 7/14
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/050004
- (22) Date de dépôt international : 7 janvier 2004 (07.01.2004)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0300113 7 janvier 2003 (07.01.2003) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MOV-  
ING MAGNET TECHNOLOGIES** [FR/FR]; ZAC La  
Fayette, 1 rue Christiaan Huygens, F-25000 BESANCON  
(FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
**LOUSSERT, Guillaume** [FR/FR]; 12 chemin de Canot,  
F-25000 BESANCON (FR). **BIWERSI, Stéphane**  
[FR/FR]; 5 rue Saint-John-Perse, F-25000 BESANCON  
(FR). **GANDEL, Pierre** [FR/FR]; 18 chemin de Rochefort,  
F-25660 MONTFAUCON (FR).
- (74) Mandataire : **BREESE, Pierre**; BREESE-MAJEROW-  
ICZ, 3 avenue de l'Opéra, F-75001 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,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, 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, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HYBRID SINGLE-PHASE BISTABLE ROTARY ACTUATOR

(54) Titre : ACTIONNEUR ROTATIF BISTABLE MONOPHASE HYBRIDE



(57) Abstract: The invention concerns a single-phase electromagnetic actuator with limited working stroke (c), comprising a stator part (5) consisting of at least 2N poles, N being an integer, excited by at least one excitation coil (8), and a mobile component (1) including at least N mobile magnetized parts, having at least one stable current-free locking position. The invention is characterized in that the mobile part (1) defines with respect to the stator part (5) at least one main air gap of substantially constant thickness throughout the stroke (c), and at least one secondary air gap of variable thickness depending on the stroke.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un actionneur électromagnétique monophasé de course utile limitée c, comportant une partie statorique (5) constituée d'au moins 2N pôles, N étant un nombre entier, excité par au moins une bobine d'excitation (8), et un composant mobile (1) comprenant au moins N parties aimantées mobiles, possédant au moins une position stable de verrouillage sans courant, caractérisé en ce que la partie mobile (1) définit par rapport à la partie statorique (5)

au moins un entrefer principal d'épaisseur sensiblement constante tout au long de la course c, et au moins un entrefer secondaire d'épaisseur variable en fonction de la course.

WO 2004/066476 A1



— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

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.

## ACTIONNEUR ROTATIF BISTABLE MONOPHASE HYBRIDE

Cette invention concerne les actionneurs  
5 électromagnétiques monophasés bistables, rotatifs ou  
linéaires, c'est-à-dire les actionneurs monophasés (pilotés  
par un seul bobinage dans le cas d'une commande bipolaire,  
ou par un bobinage fractionné en plusieurs bobines recevant  
la même commande bipolaire, ou encore, dans le cas des  
10 commandes unipolaires, de deux bobinages inversés) capables  
de prendre deux états distincts de position stables, suite à  
deux signaux de commandes électriques différenciées, et de  
garder ces 2 états stables hors d'un mode de commande  
électrique.

15 A titre d'exemple uniquement, l'invention concerne  
par exemple les actionneurs électriques monophasés qui sous  
l'action d'une impulsion électrique positive dans leur  
bobinage vont passer d'une position 1 (début de course) à  
une position 2 (fin de course), et qui sous l'action d'une  
20 impulsion électrique négative dans leur bobinage vont passer  
de la position 2 à la position 1, en étant capable de garder  
indifféremment la position 1 ou la position 2 sans courant.

L'un des objectifs de l'invention est de proposer un  
actionneur monophasé bistable possédant les propriétés de  
25 bi-stabilité évoquées ci-dessus, mais qui par rapport à  
l'art antérieur possède les avantages suivants :

- un fort couple/force de maintien en positions  
stables sans courant, dont le niveau peut être modulé  
(augmenté ou diminué) par l'action du courant dans le ou les  
30 bobinages de l'actionneur

- un fort couple/force de décollage permettant à  
l'actionneur de sortir de chacune de ces positions stables  
avec une puissance électrique limitée appliquée au bobinage.

- la possibilité de produire un fort couple/force dû  
35 au courant sur une large course angulaire ou linéaire,

contre l'action d'une charge extérieure, tout en étant piloté par un circuit électrique de commande de type monophasé.

5            Cette invention trouvera tout particulièrement un grand intérêt pour actionner des vannes d'admission ou de re-circulation de fluides dans le domaine automobile et pour maintenir celles-ci dans des positions prédéterminées, sans courant, malgré la réaction de ces fluides.

10

Il existe déjà de nombreux actionneurs bistables linéaires ou rotatifs qui permettent d'assurer la fonction de collage en fin de course de différentes manières.

15            Des solutions de type solénoïdes permettent de l'effectuer avec un courant électrique, certes faible, mais qui nécessite une alimentation électrique continue pouvant s'avérer problématique en cas de dysfonctionnement du système de contrôle électronique. D'autres types de solutions telles que les latching-solenoids possèdent des  
20 aimants de verrouillage local en bout de course, mais ces solutions présentent le désavantage de ne développer que très peu de couple au décollage et sur toute la course.

25            Des solutions utilisant des moteurs permettent d'obtenir des couples élevés sur la course en assurant la fonction de maintien grâce à des éléments mécaniques de verrouillage en fin de course. Si ces solutions sont efficaces, elles présentent l'inconvénient de nécessiter au moins 2 phases électriques, et la présence d'éléments  
30 mécaniques à rajouter, ce qui augmente donc le coût global de l'actionneur.

Des solutions permettant d'obtenir un couple constant sur toute la course sont par exemple décrites dans le brevet français FR2688105 et FR2786042, mais ne

permettent pas de verrouiller efficacement l'actionneur dans deux positions stables en bout de course sans courant.

Le brevet américain N° US 2002/113502 décrit un dispositif électromagnétique dans lequel l'entrefer est constant. Dans ce brevet, la structure du dispositif réside dans le dépassement d'une « projection » d'aimant du rotor classique, et cette « projection » vient se coller sur les stators en bout de course. Dans cette réalisation, on n'utilise pas le déplacement d'une partie ferromagnétique avec le rotor et le circuit magnétique n'est pas à entrefer et réluctance variable.

Le brevet US 6443635 décrit un dispositif électromagnétique dans lequel il n'y a aucune fermeture de flux entre les butées mécaniques et la partie statorique. Il s'agit en effet uniquement de butées mécaniques et l'invention objet de ce brevet utilise uniquement la loi de couple normale du moteur. Dans cette réalisation, on utilise nullement une fermeture du circuit magnétique par une partie ferromagnétique mobile située sur le rotor.

Le brevet US 6147427 décrit un dispositif électromagnétique dont le rotor ne comporte pas de partie aimantée.

Le but de l'invention est donc de créer un actionneur combinant dans le même circuit magnétique des qualités de couple/force de verrouillage sans courant en fin de course, de couple/force de décollage avec courant et de couple/force continu avec courant.

A cet effet, l'actionneur selon l'invention présente une partie statorique fixe, appelée communément stator, comportant le ou les bobinages, et une partie mobile,

4

appelée communément rotor, définissant entre elles trois types d'entrefers :

- un entrefer principal d'épaisseur E sensiblement constante tout au long de la course de l'actionneur, dans lequel se déplace un aimant permanent créant une variation de flux sensiblement linéaire dans le noyau statorique de la bobine.

- deux entrefers secondaires d'épaisseurs A et B variables de façon complémentaires avec la course de l'actionneur.

Le couple/force global d'un tel actionneur suivant l'invention, en toutes positions, peut s'écrire :

$$C_{\text{total}} = C_{ni}^2 + C_{ni} + C_0$$

où :

-  $C_{ni}^2$  est le couple/force dû principalement à l'effet de la réductance variable des entrefers A et B et uniquement proportionnel au carré des Ampère-tours appliqués au bobinage (donc non polarisé), et qui prend des valeurs très importantes lorsque A ou B sont petits.

-  $C_{ni}$  est le couple/force issu de l'influence mutuelle bobine/aimant, proportionnel à la variation de flux engendré dans le noyau de bobine lors d'un mouvement du rotor, et proportionnel aux Ampère-tours appliqués au bobinage (donc polarisé). On voit que le couple de décollage, qui a pour origine la grande variation du flux dû à l'aimant dans la bobine à l'ouverture de l'entrefer A ou B, sera très important du fait de cette grande variation à l'ouverture de A ou B.

-  $C_0$  est le couple/force dû à la circulation du flux de l'aimant seul (aussi appelé magnétostatique), lorsque le ou les bobinages ne sont pas alimentés. Ce couple prend des

5

valeurs importantes lorsque A ou B sont petits car ces positions vont correspondre à un point de travail élevé pour l'aimant.

5            Selon cette loi et les caractéristiques géométriques et physiques de l'actionneur selon l'invention, on voit qu'il est possible de calculer indépendamment chacun des termes  $C_0$ ,  $C_{ni}$ ,  $C_{ni}^2$  qui correspondent à trois caractéristiques différentes de l'actionneur de manière à favoriser soit le  
10 couple/force au décollage, soit le couple de verrouillage sans courant, soit le couple continu tout au long de la course.

          L'invention concerne selon son acception la plus générale un actionneur électromagnétique monophasé hybride  
15 de course utile limitée  $c$ , comportant une partie statorique constituée d'au moins  $2N$  pôles,  $N$  étant un nombre entier, excité par au moins une bobine d'excitation, et un composant mobile comprenant au moins  $N$  parties aimantées mobiles, possédant au moins une position stable de  
20 verrouillage sans courant, caractérisé en ce que la partie mobile définit par rapport à la partie statorique au moins un entrefer principal d'épaisseur sensiblement constante tout au long de la course  $c$ , et au moins un entrefer secondaire d'épaisseur variable en fonction de la course.

25            Selon une première variante, la partie mobile décrit un mouvement rotatif.

          Selon une deuxième variante, la partie mobile décrit un mouvement linéaire

          Avantageusement, la partie mobile présente deux  
30 états stables de verrouillage sans courant à chacun des bouts de la course  $c$  et deux entrefers secondaires d'épaisseurs variables en fonction de la course.

## 6

Selon un mode de réalisation particulier, l'actionneur possède des moyens de rappel sans courant dans un seul état stable.

5 Selon une variante d'actionneur rotatif, la partie aimantée, mobile avec le rotor, est composée d'une ou plusieurs tuiles aimantées radialement. Dans tous les modes de réalisation de la partie aimantée, cette dernière est composée d'un aimant permanent.

10 Avantageusement, la partie aimantée, mobile avec le rotor, est composée d'une ou plusieurs tuiles aimantées diamétralement.

Selon une autre variante de réalisation, la partie aimantée mobile avec le rotor est composée d'un ou plusieurs aimants en forme de disque.

15 Selon une autre variante encore, l'organe mobile comporte N parties aimantées, aimantées après leur mise en place sur l'organe mobile.

20 Pour plus de clarté, la description qui suit se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

Les figures 1 et 2 montrent l'actionneur dans sa variante rotative préférée, en vue coupée, utilisant un aimant tuile.

25 La figure 3 montre l'évolution du couple total généré par l'actionneur avec et sans courant sur toute la course utile.

La figure 4 montre l'évolution du couple de décollage en fonction du potentiel magnétique (Ampère-tours) utilisé dans la bobine.

30 La figure 5 montre, suivant une vue en trois-quart, une deuxième variante rotative de l'actionneur utilisant un aimant disque.

La figure 6 montre, suivant une vue en trois-quart, une variante linéaire de l'actionneur.



## 7

La figure 7 montre, suivant une vue en trois-quart, une variante de l'actionneur rotatif de la figure 1 où les positions respectives du rotor et du stator ont été inversées (variante à rotor extérieur).

5 La figure 8 montre, suivant une vue en coupe, une autre variante d'actionneur rotatif utilisant un aimant plat intégré dans le rotor.

La figure 9 montre, suivant une vue de face, une variante symétrique de l'actionneur utilisant deux aimants  
10 tuiles.

La figure 1 présente la variante préférée de l'actionneur revendiqué, représenté en milieu de course. Un rotor 1, mobile autour d'un axe de rotation 2, est constitué  
15 d'une partie ferromagnétique 3 et d'un aimant 4 d'épaisseur L prenant une forme de tuile. Les deux parties statoriques 5 et 6 faites de matériau ferromagnétique, sont en contact au niveau de la surface 7. Cette séparation des stators permet ainsi l'insertion d'une bobine unique 8. Cet ensemble  
20 présente deux entrefers secondaires variables (A) et (B) lorsque le rotor se déplace entre les deux positions de fin de course délimitées par les stators 5 et 6. Un troisième entrefer, l'entrefer principal, noté E reste constant durant le déplacement du rotor. L'aimant tuile 4 utilisé dans la  
25 structure sera préférentiellement aimanté suivant son rayon, mais une aimantation suivant son diamètre peut aussi être envisagée, selon la caractéristique de couple recherchée.

Le principe de fonctionnement simplifié, à partir de la position de milieu de course représentée en figure 1 est  
30 le suivant :

- Sous l'action d'une alimentation en courant de la bobine 8 dans un sens positif, un couple positif au niveau de l'aimant 4 va produire un déplacement en sens horaire du rotor 1, et l'entrefer B va donc se fermer.

## 8

- Sous l'action d'une alimentation en courant de la bobine 8 dans un sens négatif, un couple négatif au niveau de l'aimant 4 va produire un déplacement en sens anti-horaire du rotor 1, l'entrefer A va donc se fermer.

5 - Arrivé sur l'une ou l'autre de ces positions de fin de course, le courant dans la bobine 8 peut être relâché, le rotor 1 restera verrouillé sans courant par la circulation du flux dû à l'aimant 4 dans l'entrefer A (respectivement B).

10 - Ce couple de verrouillage sans courant peut-être modulé par la circulation d'un flux dû aux Ampère-tours (créé par le bobinage 8) dans l'entrefer A ou B. Si le flux dû au Ampère-tours s'ajoute au flux dû à l'aimant dans l'entrefer A ou B, le couple de verrouillage augmente. Si le  
15 flux dû au Ampère-tours se retranche au flux dû à l'aimant dans l'entrefer A ou B, le couple de verrouillage diminue. Dans ce dernier cas lorsque le couple de verrouillage va passer en dessous de la valeur du couple moteur produit par l'aimant 4, le rotor pourra décoller de sa position fin de  
20 course.

La structure présentée en figure 1 montre la variante préférée de l'actionneur, mais elle n'est nullement limitative et le principe même de l'invention peut être  
25 décliné suivant plusieurs autres variantes que nous présenterons par la suite mais qui ne forment pas une liste exhaustive.

La figure 2 présente le même actionneur qu'en figure  
30 1, représenté en milieu de course, mais définit les paramètres angulaires de l'actionneur.  $\alpha_a$  est l'angle d'ouverture de l'aimant,  $\alpha_e$  l'angle séparant les deux pôles statoriques définissant avec le rotor 1 le ou les entrefers constants,  $\alpha_d$  est l'ouverture angulaire totale d'un pôle

statorique définissant avec le rotor 1 le ou les entrefers constants.

La course limite  $\alpha_c$  qu'il est possible d'atteindre avec l'actionneur se définit d'après ces paramètres comme suit :

$$\alpha_c = \alpha_{c1} + \alpha_{c2}$$

$$\alpha_d > \alpha_c$$

$$\alpha_a > \alpha_d + \alpha_e$$

$$\text{donc } \alpha_a > \alpha_c + \alpha_e$$

$\alpha_e$  doit être le plus faible possible afin d'optimiser  $\alpha_a$  pour une course donnée. Il ne doit cependant pas être trop faible pour ne pas créer un court-circuit magnétique défavorable entre les deux pôles statoriques. Cet angle sera donc ajusté suivant le désir de l'utilisateur. De manière préférentielle, la course maximale de l'actionneur est limitée à 130° environ.

La figure 3 montre, à travers un exemple de réalisation d'actionneur rotatif sur 90°, la forme du couple obtenu avec l'actionneur présenté en figures 1 et 2. Les courbes (1) et (2) font référence au couple obtenu, respectivement, sans alimentation de la bobine, et avec alimentation de la bobine. On peut découper les courbes en trois zones distinctes :

25

(a) : Couple en début de course.

(b) : Couple sur la plus grande partie de la course.

(c) : Couple en fin de course.

30

La zone (a) présente l'efficacité de la structure en début de course. La courbe (1), actionneur sans alimentation électrique, présente un fort couple négatif correspondant à l'effort de maintien stable sans courant. On note que ce

couple/force de position stable peut être modifié suivant les sections de passage de flux réalisées au niveau des entrefers A et B, appelées  $S_A$  et  $S_B$ . En réalisant, par exemple, des sections de passage plus petites, la saturation magnétique des stators favorise la diminution du couple de maintien sans courant.

En alimentant la bobine de l'actionneur suivant un potentiel magnétique optimum, on passe alors sur la courbe (2) où le couple obtenu est positif dès le début de la course, on sort alors de la position stable. Ceci est rendu possible par la grande variation du flux dû à l'aimant dans la bobine à l'ouverture du rotor. Le fort gradient de flux associé à un courant dans la bobine crée un fort couple qui a tendance à chasser le rotor de sa position stable. Pour certaines valeurs du potentiel magnétique de la bobine, cette valeur surpasse la somme des autres composantes du couple qui sont le couple d'origine réluctant et le couple d'origine magnétostatique, qui ont tendance à maintenir cette position puisque correspondant à une énergie magnétique potentielle minimum. Ces valeurs dépendent des caractéristiques géométriques et physiques de l'actionneur qui modélisent la forme de l'équation du couple :

$$C = \alpha C_{ni}^2 + \beta C_{ni} + \gamma \cdot C_0$$

à travers les coefficients  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ .

La zone (b) est celle où le couple créé n'est plus influencé par les entrefers A et B devenus trop importants par rapport à l'entrefer principal E. Le couple sans courant, courbe (1), est alors proche de zéro, puisque le flux de l'aimant circule de la même manière quelle que soit la position prise par le rotor. Avec courant, courbe (2), le couple est alors sensiblement égal à celui disponible pour l'actionneur décrit dans le brevet français FR2786042. Celui-ci est sensiblement constant sur la course puisque la

variation du flux de l'aimant dans la bobine, qui est à l'origine de la majeure partie du couple sur cette zone, est quasi-linéaire. En fonction de l'encastrement de l'aimant dans le rotor, une composante réluctante plus ou moins  
5 importante pourra modifier sensiblement la forme du couple.

Dans la zone (c), pour laquelle se referment les entrefers A ou B, le couple sans courant, courbe (1), redevient important puisque le flux magnétique produit par  
10 l'aimant trouve un chemin plus favorable en se refermant par l'entrefer A ou B. Lorsque l'un de ces deux entrefers devient très faible, on se retrouve dans une position stable sans courant avec un fort couple de maintien. Avec courant, courbe (2), le couple dû à la variation du flux de l'aimant  
15 dans la bobine s'ajoute au couple réluctant  $C_m^2$  pour favoriser un couple conséquent en fin de course.

La figure 4 illustre, sur un exemple, la variation du couple de décollage en fonction du nombre d'Ampère-tours.  
20 On retrouve, à travers la courbe montrée, la forme de l'équation

$$C = \alpha C_m^2 + \beta C_{ni} + \gamma \cdot C_0$$

avec d'une part un optimum, et d'autre part un intervalle de valeurs pour laquelle le couple total généré  
25 est positif. Si l'on sort de cet intervalle, le décollage du rotor n'est plus possible car la valeur du potentiel magnétique dans la bobine n'est plus adaptée aux caractéristiques de l'actionneur.

30 La figure 5 présente une variante rotative de l'actionneur selon l'invention. La structure présente un rotor 9, dans lequel un aimant disque à aimantation axiale est placé, qui se déplace au-dessus d'une partie statorique 11. La partie statorique comprend deux pôles 12

12

et 13 sur lesquels sont placées deux bobines 14 et 15. Les avantages de cette structure sont, entre autres, l'utilisation d'un aimant disque dont la polarisation axiale est facile à réaliser, et l'encombrement réduit permettant  
5 d'insérer plus de cuivre sur le stator.

La figure 6 présente une version linéaire du principe d'actionneur. Une pièce mobile 16 (équivalente au rotor des variantes rotatives), dans lequel est inséré un  
10 aimant plat 17, se déplace au-dessus d'une partie statorique 18 pouvant être séparée en deux parties distinctes pour permettre l'insertion de la bobine 19. En positions extrêmes, bobine non alimentée, les surfaces 20 ou 21 sont en contact avec les surfaces 22 ou 23, respectivement,  
15 réalisant l'état énergétique le plus favorable duquel ne souhaite pas sortir l'aimant. Cette structure utilise le circuit de base présentée dans le brevet EP00974185B1, et tout comme celui-ci, elle peut se présenter sous une forme axisymétrique autour de l'axe de déplacement du rotor.

20

La figure 7 présente une variante rotative inversée de l'actionneur. Dans celle-ci, le rotor tourne autour du stator. La bobine 24 est insérée sur la partie statorique 25. Le rotor 26 comprend un aimant 27 dont l'aimantation  
25 peut être aussi bien radiale que diamétrale.

La figure 8 présente une variante de l'actionneur de la figure 1. Le rotor 28 comprend un aimant 29 plat dont l'aimantation suivant son épaisseur est facile à réaliser.  
30 Cette réalisation nécessite une découpe particulière du rotor 28. Celui-ci présentera avantageusement deux isthmes saturables 30 et 31 permettant la réalisation en une seule pièce du rotor 28. L'ajout de ces isthmes n'a pour seule conséquence que de diminuer le couple magnétostatique au

collage, puisqu'une partie du flux de l'aimant se boucle par ceux-ci. Cette réalisation présente l'avantage de ne garder qu'un faible entrefer constant 32, tout en permettant la présence de l'aimant plat 29.

5

La figure 9 présente une variante symétrique de l'actionneur de la figure 1. Les deux parties statoriques 33 et 34, sur lesquelles sont installées les bobines 35 et 36 respectivement, sont de part et d'autre de la partie mobile 10 37 sur laquelle sont installés les aimants 38 et 39. Les deux circuits magnétiques ainsi formés de part et d'autre du rotor peuvent être indépendants l'un de l'autre si la polarité des aimants est entrante ou sortante pour les deux aimants. On peut cependant créer un couplage magnétique 15 entre les deux circuits magnétiques en alternant les polarités. Dans les deux positions extrêmes prises par le rotor 37, les entrefers 40 et 41, ou 42 et 43, se ferment pour créer, sans alimentation des bobines, une configuration énergétique optimale pour l'aimant qui crée ainsi une 20 position stable sans alimentation électrique. Cette variante permet grâce à la symétrie du circuit magnétique, de supprimer les efforts radiaux pouvant s'exercer sur l'axe 44. Elle permet, de plus, de par ses deux surfaces actives en position stable, de générer plus de couple dans 25 ces positions et peut être voué à des applications nécessitant des couples importants.

Les différentes variantes présentées ici sont des 30 variantes dites « bistables », c'est-à-dire à deux états stables distincts A et B sans courant. Bien entendu, si un ressort de rappel est introduit dans l'actionneur de manière à exercer une force de rappel en position stable sans courant sur une seule des deux positions stables (A par

exemple), on aura alors affaire à un actionneur de type « mono-stable », sans que le principe électromagnétique de l'actionneur bistable selon l'invention ne soit modifié. Il suffirait alors de maintenir le courant sur le bout de course B pour conserver cet état stable avec courant, l'actionneur revenant, lorsque l'on relâche le courant, en position A, par action du ressort.

De même des variantes dissymétriques dans leurs états stables (verrouillage privilégié dans l'une ou l'autre des 2 positions de fin de course) constituent toujours un actionneur bi-stable selon l'invention, y compris jusqu'à la disparition d'un des deux états stables de verrouillage sans courant.



**REVENDICATIONS**

1 - Actionneur électromagnétique monophasé hybride  
5 de course utile limitée  $c$ , comportant une partie  
statorique constituée d'au moins  $2N$  pôles,  $N$  étant un nombre  
entier, excité par au moins une bobine d'excitation, et un  
composant mobile (1, 9, 19, 26, 28) comprenant au moins  $N$   
parties aimantées mobiles (4, 17, 19, 29), possédant au  
10 moins une position stable de verrouillage sans courant,  
caractérisé en ce que la partie mobile définit par rapport à  
la partie statorique au moins un entrefer principal  
d'épaisseur sensiblement constante tout au long de la course  
 $c$ , et au moins un entrefer secondaire d'épaisseur variable  
15 en fonction de la course.

2 - Actionneur électromagnétique monophasé hybride  
selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie  
mobile décrit un mouvement rotatif.  
20

3 - Actionneur électromagnétique monophasé hybride  
selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie  
mobile décrit un mouvement linéaire.

4 - Actionneur électromagnétique monophasé hybride  
selon les revendications 1, 2, ou 3, caractérisé en ce que  
la partie mobile présente deux états stables de verrouillage  
sans courant à chacun des bouts de la course  $c$  et deux  
entrefers secondaires d'épaisseurs variables en fonction de  
25 la course.  
30

5 - Actionneur électromagnétique monophasé hybride  
selon les revendications 1, 2, ou 3, caractérisé en ce que  
l'actionneur possède des moyens de rappel sans courant dans  
35 un seul état stable.

6 - Actionneur électromagnétique rotatif hybride  
selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la  
partie aimantée, mobile avec le rotor, est composée d'une ou  
5 plusieurs tuiles aimantées radialement.

7 - Actionneur électromagnétique rotatif hybride  
selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la  
partie aimantée, mobile avec le rotor, est composée d'une ou  
10 plusieurs tuiles aimantées diamétralement.

8 - Actionneur électromagnétique rotatif hybride  
selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la  
partie aimantée mobile avec le rotor est composée d'un ou  
15 plusieurs aimants en forme de disque.

9 - Actionneur électromagnétique rotatif hybride  
selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que  
l'organe mobile comporte N parties aimantées, aimantées  
20 après leur mise en place sur l'organe mobile.

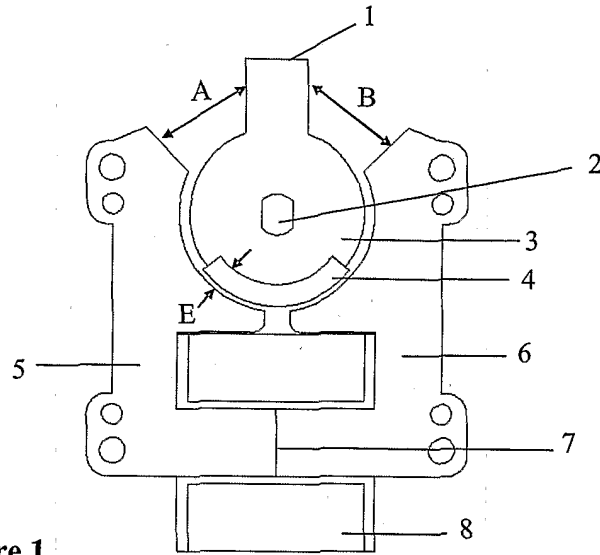


Figure 1

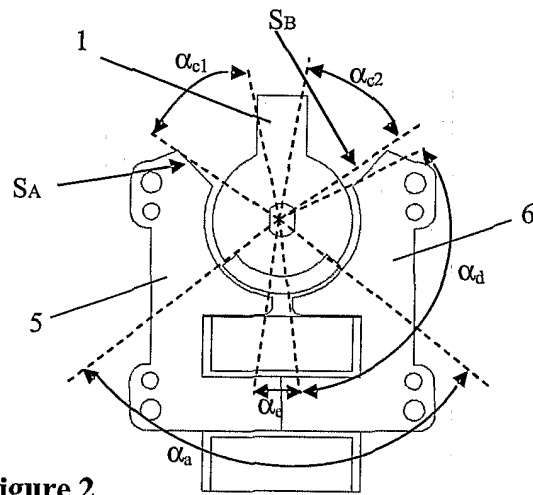


Figure 2

Figure 3

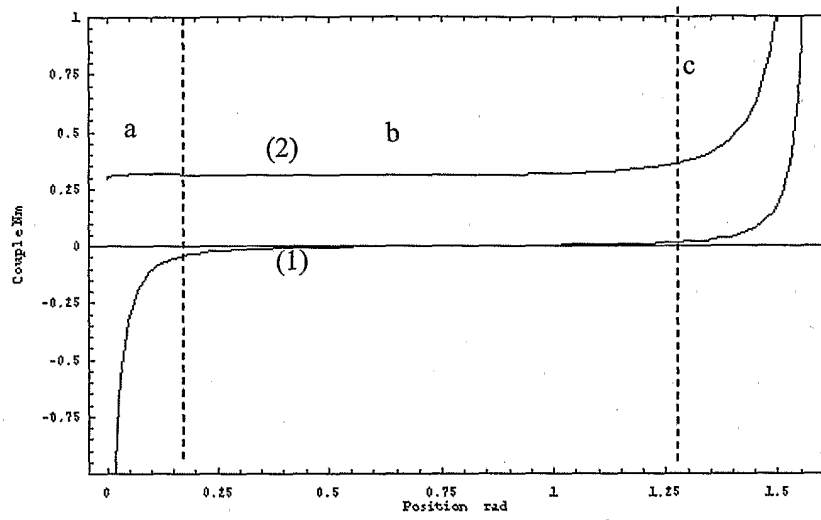
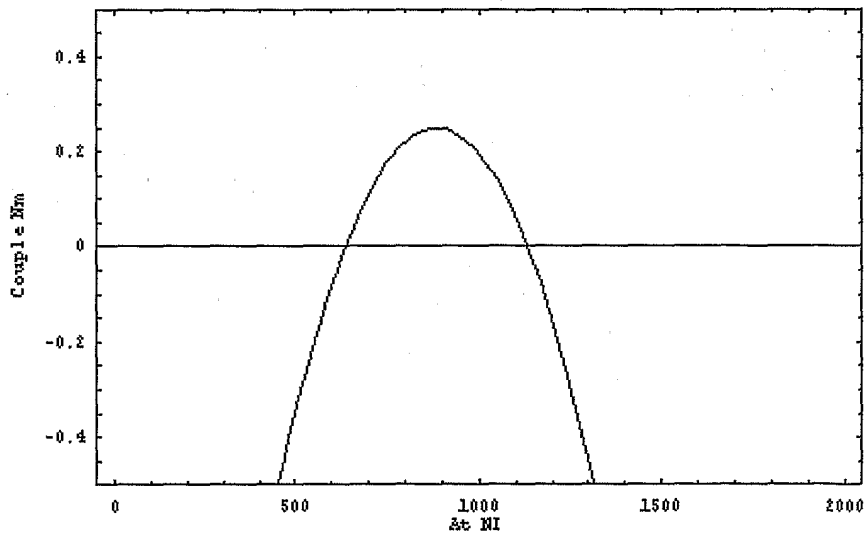


Figure 4



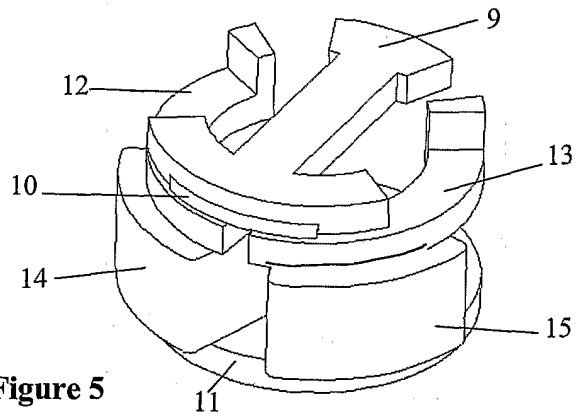


Figure 5

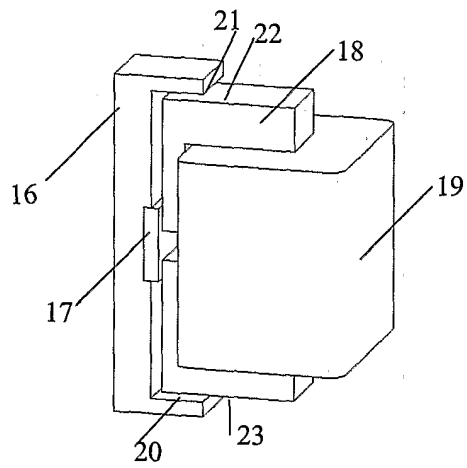
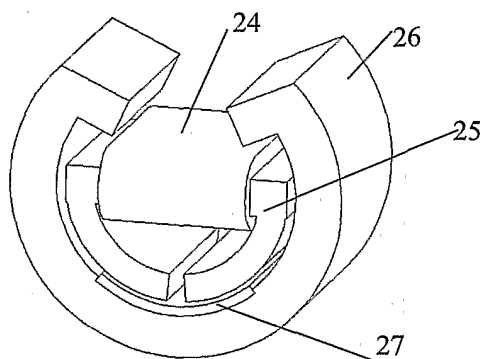
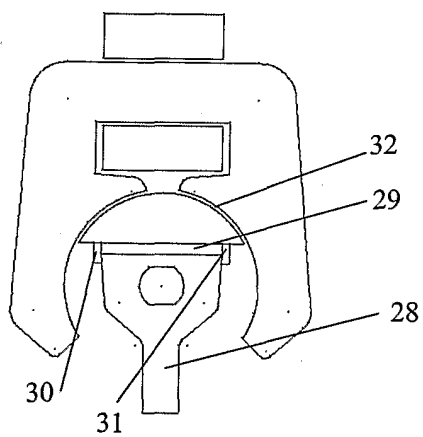


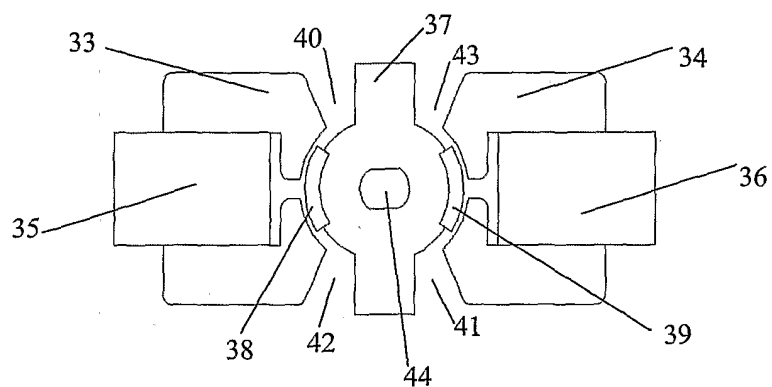
Figure 6



**Figure 7**



**Figure 8**



**Figure 9**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No  
/FR2004/050004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02K26/00 H01F7/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02K H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/113502 A1 (WATANABE NABUAKI) 22 August 2002 (2002-08-22)	1,2,4
Y	paragraph '0107! - paragraph '0122!;	3
Y	figures 8A-9E	6,7
X	US 6 443 635 B1 (KOBAYASHI KOUICHI ET AL) 3 September 2002 (2002-09-03) column 11, line 54 - column 13, line 48; figure 14	1,2,4
Y	US 6 147 427 A (ACKERMANN BERND ET AL) 14 November 2000 (2000-11-14) column 7, line 54 - column 8, line 8; figures 6-9	3
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

3 June 2004

28/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kugler, D



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
FR2004/050004

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 313 553 B1 (BESSON CHRISTOPHE ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) cited in the application column 5, line 19 - column 5, line 26; figure 6	6,7
A	----- US 3 694 782 A (RAY RALPH D) 26 September 1972 (1972-09-26) column 3, line 43 - column 6, line 14; figures 1-4 -----	1,2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
/FR2004/050004

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002113502 A1	22-08-2002	WO 0189067 A1	22-11-2001
US 6443635 B1	03-09-2002	JP 2001142110 A JP 2001142111 A	25-05-2001 25-05-2001
US 6147427 A	14-11-2000	DE 19739068 A1 EP 0937328 A1 WO 9913557 A1 JP 2001507558 T	25-03-1999 25-08-1999 18-03-1999 05-06-2001
US 6313553 B1	06-11-2001	FR 2786042 A1 EP 1001510 A1 JP 2000152590 A	19-05-2000 17-05-2000 30-05-2000
US 3694782 A	26-09-1972	NONE	

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

de Internationale No  
/FR2004/050004

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H02K26/00 H01F7/14

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**  
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H02K H01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2002/113502 A1 (WATANABE NABUAKI) 22 août 2002 (2002-08-22)	1, 2, 4
Y	alinéa '0107! - alinéa '0122!; figures 8A-9E	3
Y	-----	6, 7
X	US 6 443 635 B1 (KOBAYASHI KOUICHI ET AL) 3 septembre 2002 (2002-09-03) colonne 11, ligne 54 - colonne 13, ligne 48; figure 14	1, 2, 4
Y	US 6 147 427 A (ACKERMANN BERND ET AL) 14 novembre 2000 (2000-11-14) colonne 7, ligne 54 - colonne 8, ligne 8; figures 6-9	3
	----- -/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents       Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

- ° Catégories spéciales de documents cités:
- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
  - \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
  - \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
  - \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
  - \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
  - \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
  - \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
  - \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
  - \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
3 juin 2004	28/06/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  Kugler, D
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

de Internationale No  
/FR2004/050004

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 6 313 553 B1 (BESSON CHRISTOPHE ET AL) 6 novembre 2001 (2001-11-06) cité dans la demande colonne 5, ligne 19 - colonne 5, ligne 26; figure 6  -----	6,7
A	US 3 694 782 A (RAY RALPH D) 26 septembre 1972 (1972-09-26) colonne 3, ligne 43 - colonne 6, ligne 14; figures 1-4  -----	1,2

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relat[ ] aux membres de familles de brevets

ide Internationale No

/FR2004/050004

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002113502 A1	22-08-2002	WO 0189067 A1	22-11-2001
US 6443635 B1	03-09-2002	JP 2001142110 A JP 2001142111 A	25-05-2001 25-05-2001
US 6147427 A	14-11-2000	DE 19739068 A1 EP 0937328 A1 WO 9913557 A1 JP 2001507558 T	25-03-1999 25-08-1999 18-03-1999 05-06-2001
US 6313553 B1	06-11-2001	FR 2786042 A1 EP 1001510 A1 JP 2000152590 A	19-05-2000 17-05-2000 30-05-2000
US 3694782 A	26-09-1972	AUCUN	