



(11) **EP 2 154 387 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication: **17.02.2010 Bulletin 2010/07**

(51) Int Cl.: **F16C 32/04^(2006.01) B64G 1/28^(2006.01)**
G01C 19/24^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09166254.4**

(22) Date de dépôt: **23.07.2009**

<p>(84) Etats contractants désignés: AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR</p>	<p>(72) Inventeur: Chassoulier, Damien 06370, MOUANS-SARTOUX (FR)</p>
<p>(30) Priorité: 29.07.2008 FR 0804322</p>	<p>(74) Mandataire: Esselin, Sophie et al Marks & Clerk France Conseils en Propriété Industrielle Immeuble " Visium " 22, avenue Aristide Briand 94117 Arcueil Cedex (FR)</p>
<p>(71) Demandeur: Thales 92200 Neuilly-sur-Seine (FR)</p>	

(54) **Dispositif de centreur à palier magnétique avec deux ensembles de bobinage et d'aimants au stator et sans aimant au rotor**

(57) La présente invention concerne une structure de centreur magnétique, et plus particulièrement une structure de palier magnétique centreur destiné notamment à des applications spatiales.

La présente invention propose un concept de cen-

treur magnétique sans aimant au rotor (R), le rotor (R) se réduisant à une couronne comportant des culasses magnétiques (CR11, CR12), permettant de disposer d'un équipement testable au sol, sous gravité, dans toutes les positions, sans apport d'énergie supplémentaire, et avec une diminution de la complexité dudit dispositif.

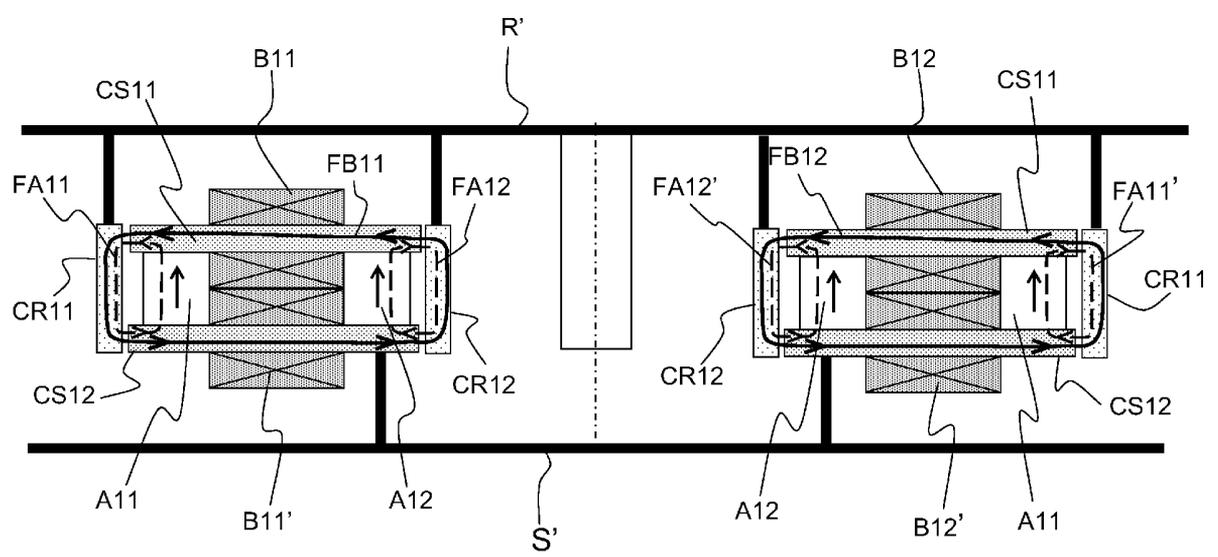


FIG.2

EP 2 154 387 A1

Description

[0001] La présente invention concerne une structure de centreur magnétique et, plus particulièrement, une structure de palier magnétique centreur destiné notamment à des applications spatiales.

[0002] Plus précisément, la présente invention propose un dispositif de centreur magnétique testable au sol dans toutes les positions, sans consommation d'énergie supplémentaire et de conception simple.

[0003] Différentes structures de centreurs magnétiques sont connues. Elles reposent généralement sur l'utilisation d'aimants permanents, de bobinages, d'armatures ferromagnétiques et, le plus souvent, d'un circuit électrique d'excitation permettant de contrôler les flux magnétiques générés par les bobinages. Le rôle d'un palier magnétique centreur est de centrer un corps mobile par rapport à un corps de référence. Plusieurs mouvements du corps mobile par rapport au corps de référence sont ainsi empêchés, ou contrôlés. Si l'on considère un repère orthogonal constitué de trois axes X-X, Y-Y, et Z-Z, centré au centre du dispositif comprenant le centreur magnétique, le corps mobile et le corps de référence ; l'axe Z-Z constituant un axe de révolution du dispositif, et les axes X-X et Y-Y définissant un plan médian du dispositif, il existe alors trois translations selon les axes X-X, Y-Y et Z-Z et trois rotations autour de ces trois mêmes axes.

[0004] Différents types de paliers magnétiques centreurs permettent de contrôler les trois translations et les trois rotations, de manière passive et / ou active.

[0005] Par ailleurs, le corps mobile conserve au moins un degré de liberté par rapport au corps de référence, généralement une rotation autour de l'axe Z-Z ; dans ce cas, le corps mobile est appelé rotor et le corps de référence stator.

[0006] En général, les basculements selon les autres axes sont en revanche contrôlés que de manière passive. Plus précisément, c'est pour minimiser le nombre d'axes actifs, car cela nécessite des commandes électroniques, qu'il est préférable de gérer les basculements de manière passive.

[0007] Certains paliers magnétiques centreurs permettent donc de contrôler les trois translations du corps mobile par rapport au corps de référence : selon un axe actif et deux axes passifs, selon deux axes actifs et un axe passif, ou selon trois axes actifs.

[0008] Actuellement, pour qu'un centreur magnétique soit testable au sol, sous gravité, dans n'importe quelle position, sans consommation d'énergie supplémentaire en vue de sustenter le rotor, la présence d'aimants est nécessaire. Elle rend en effet possible la sustentation de ce dernier sous gravité sans apport d'énergie supplémentaire. En l'absence de ces aimants, il serait nécessaire que les paliers magnétiques du centreur contrôlent cinq axes actifs, ce qui complexifierait largement l'équipement et son électronique. De plus, la conception d'un sous-ensemble « centreur magnétique - rotor à

aimants » est très délicate du fait de contraintes magnétiques, comme la nécessité de ne pas mettre de colle sur les pôles des aimants afin de minimiser et de maîtriser les entrefers, et mécaniques, comme la tenue aux contraintes de vibrations et aux contraintes centrifuges.

[0009] Les solutions actuelles cherchant à proposer des centreurs magnétiques testables dans toutes les positions sous pesanteur se heurtent aux difficultés précitées. Elles comportent soit des aimants au rotor, comme dans l'exemple de la figure 1, soit des aimants au stator mais dans ce cas, elles comprennent aussi un entrefer supplémentaire non fonctionnel, dit entrefer statique. On peut mentionner les brevets français FR88400586 et FR8703489 ou encore EP0724 086 et US4043 614. Dans le premier cas, le sous-ensemble au rotor est complexe et contraignant. Il comprend une structure mécanique sur laquelle sont assemblés des aimants. En vue d'assurer la tenue mécanique, en particulier aux contraintes vibratoires, ces équipements nécessitent généralement des couronnes de protection ou des entretoises venant confiner les aimants soumis à la force centrifuge. Par ailleurs, ils comprennent des moyens de fixations tels que des vis ou de la colle. Dans le second cas, les bobinages présentent une efficacité réduite à cause de l'entrefer statique précédemment décrit.

[0010] Parmi les technologies connues de l'état de la technique, on peut citer le brevet EP0284 487. Cependant, le dispositif décrit dans ce brevet comporte nécessairement, outre les entrefers fonctionnels participant à la génération d'un flux magnétique, des entrefers statiques, non fonctionnels. Le rôle de cet entrefer statique est d'empêcher que l'intégralité du flux magnétique généré par les aimants ne passe dans la bobine, au détriment du rotor.

[0011] Cet entrefer statique oblige à sur-dimensionner la bobine, puisqu'il ne participe pas à créer du flux entre le rotor et le stator. Il n'existe que par nécessité physique. Si le flux magnétique généré par les aimants ne passe pas au rotor, le centreur ne fonctionnerait pas. Cependant, plus cet entrefer statique est grand, plus la bobine doit être volumineuse car le flux magnétique de la bobine passe également par cet entrefer.

[0012] De la même façon, le dispositif décrit dans le brevet EP0613 594 comporte nécessairement des entrefers statiques, non fonctionnels.

[0013] Le brevet US4652 780, quant à lui, décrit un dispositif de centreur magnétique dans lequel le circuit magnétique suivi par le flux magnétique généré par les bobines ne passe pas par le même circuit magnétique que celui des aimants. Ceci implique notamment :

- une masse totale plus importante car le dispositif comprend plusieurs circuits magnétiques, dont un "long" qui contourne l'autre pour se reboucler ;
- des pertes fer plus importantes du fait du circuit magnétique long.

[0014] Ces paliers magnétiques à base d'aimants sont

par ailleurs difficilement contrôlables, en partie à cause d'un phénomène de retard induit par ces pertes fer.

[0015] D'autres technologies encore ont été développées, mais toutes présentent l'inconvénient d'aboutir à des dispositifs de centreurs magnétiques surdimensionnés, c'est-à-dire présentant un encombrement non optimisé.

[0016] C'est pour s'affranchir de ces inconvénients que la présente demande de brevet propose un concept de centreur magnétique sans aimant au rotor.

[0017] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de centreur magnétique comportant :

- un corps mobile, appelé rotor, comprenant une structure mécanique et au moins une culasse magnétique,
- un corps de référence, appelé stator, comprenant une structure mécanique et au moins une culasse magnétique,
- un ensemble de bobinages pouvant être alimenté par un courant de bobinage et créant un circuit magnétique des bobinages,
- un ensemble d'aimants créant un circuit magnétique des aimants, au moins deux entrefers séparant les dites culasses magnétiques du rotor et du stator, **caractérisé en ce que :**
- l'ensemble de bobinages et l'ensemble d'aimants sont assemblés au stator, le rotor comportant une couronne d'acier comprenant ladite structure mécanique et ladite culasse magnétique,
- l'intégralité desdits entrefers est fonctionnelle, c'est-à-dire qu'ils participent à la génération de forces entre le rotor et le stator,
- le circuit magnétique des bobinages et le circuit magnétique des aimants sont au moins partiellement confondus.

[0018] De façon préférentielle, le dispositif comprend quatre entrefers.

[0019] Dans une mise en oeuvre de l'invention, ledit entrefer présente une dimension inférieure à environ deux millimètres.

[0020] Dans une mise en oeuvre préférée de l'invention, chaque entrefer présente une dimension inférieure à environ un millimètre.

[0021] Avantageusement, la culasse magnétique du rotor présente deux dentures, permettant d'améliorer l'efficacité du centreur magnétique.

[0022] Dans un exemple d'application de l'invention, un actionneur gyroscopique peut comprendre un cardan et une roue, ladite roue comportant un dispositif de centreur magnétique du rotor par rapport au stator selon l'invention.

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1 : le schéma d'un centreur magnétique se-

lon l'état de l'art, conformément à un plan de coupe orthogonal audit centreur ;

- la figure 2 : le schéma d'un centreur magnétique selon l'invention, conformément à un plan de coupe orthogonal audit centreur ;
- la figure 3 : le schéma d'un centreur magnétique selon l'invention, conformément à un plan de coupe parallèle audit centreur.

[0024] La figure 1 présente un schéma d'un exemple de centreur magnétique testable dans toutes les positions sous gravité, sans consommation d'énergie supplémentaire, selon l'état de l'art. Le stator S comprend deux culasses magnétiques circulaires CS1 et CS2 et des bobinages B1 et B2. La couronne d'aimants A1 présente au rotor R permet de sustenter le rotor de manière passive, sans apport d'énergie supplémentaire pour compenser la gravité. C'est l'association des bobinages B1, B2, assemblés sur les culasses magnétiques CS1 et CS2 du stator S et des aimants A1 assemblés sur les culasses magnétiques CR1 et CR2 du rotor R qui constitue l'ensemble « palier magnétique centreur ». En l'absence des aimants A1 au rotor R, les paliers magnétiques devraient contrôler cinq axes de manière active, ce qui entraînerait une complexification importante de l'équipement.

[0025] La présence des aimants A1 au rotor R nécessite l'utilisation de protections ou d'entretoises E1, E2 qui confinent les aimants A1 soumis à la force centrifuge qui s'applique au rotor R. Ceci est indispensable pour assurer la tenue aux contraintes mécaniques, vibratoires en particulier. En effet, le palier magnétique doit pouvoir supporter deux types de contraintes : les contraintes vibratoires dues au lancement dans l'espace, et les contraintes centrifuge en fonctionnement. Ceci rend la conception de tels dispositifs complexe. Ainsi, à ces entretoises E1, E2 s'ajoutent de nécessaires moyens de fixation, non représentés sur la figure 1, tels que des vis ou de la colle par exemple. En général, la robustesse, et en particulier la tenue aux tests vibratoires, est très difficile à assurer et rend complexe la mise au point du sous-ensemble au rotor R. Ce type de solution, permettant de produire des centreurs magnétiques testables sous gravité dans toutes les positions sans apport d'énergie supplémentaire entraîne des contraintes et une complexification du centreur magnétique.

[0026] La figure 2 représente une vue en coupe, selon un plan orthogonal à sa base circulaire, d'un centreur magnétique selon l'invention. Il faut noter qu'une coupe selon un plan orthogonal au plan de coupe utilisé donnerait le même résultat. Le rotor R' est ici réduit à une couronne d'acier comportant des culasses magnétiques CR11 et CR12. Il ne comprend aucun aimant. C'est le stator S' qui supporte à la fois l'ensemble de bobinages B11, B11', B12, B12' et les couronnes d'aimants A11, A12. Le positionnement des aimants A11, A12 au stator S' permet de supprimer de facto les contraintes mécaniques liées à l'effet centrifuge pour lesdits aimants A11,

A12. Les flux magnétiques, FB11 et FB12 créés par les bobinages B11, B11', B12, B12', et FA11, FA12, FA11', FA12' créés par les aimants A11, A12, traversent les entrefers séparant les culasses magnétiques CR11 et CR12 du rotor R des culasses magnétiques CS11 et CS12 du stator S. Ils permettent au dispositif d'assurer la fonction de centreur magnétique. Un courant de bobinage peut être appliqué aux bobinages B11, B11', B12, B12', permettant de contrôler le centrage relatif du rotor R et du stator S. Ce courant de bobinage génère une force qui vient déséquilibrer les champs magnétiques FA11, FA12, FA11', FA12' dans les entrefers.

[0027] En position « rotor centré », les flux magnétiques FA11, FA12, FA11', FA12' générés par les aimants dans les entrefers permettent de sustenter le rotor R de manière passive selon l'axe de rotation du rotor R et de manière active autour du point d'équilibre selon les deux autres axes, le contrôle étant possible grâce à la maîtrise des flux magnétiques FB11, FB12.

[0028] Il faut noter que dans le dispositif selon l'invention, l'entrefer est faible, c'est-à-dire inférieur à 2 millimètres, voire inférieur à 1 millimètre. Surtout, l'ensemble des bobinages B11, B11', B12, B12' est fonctionnel. Tous participent à la création des flux magnétiques FB11, FB12. De ce fait, les bobinages B11, B11', B12, B12' peuvent être de dimensions réduites et l'encombrement de l'ensemble du dispositif est limité.

[0029] De plus, cet architecture permet de réduire l'encombrement global pour une autre raison : comme le montre la figure 2, les flux magnétiques FB11, FB11', FB12, FB12' créés par les bobinages B11, B11', B12, B12' empruntent localement les mêmes circuits magnétiques que ceux utilisés par les flux magnétiques FA11, FA11', FA12, FA12' générés par les aimants A11, A12. On évite ainsi la formation de deux circuits magnétiques distincts dont l'un contourne l'autre, ce qui permet de réduire significativement l'encombrement par rapport aux dispositifs de l'état de la technique.

[0030] Par ailleurs, si la figure 2 représente des culasses magnétiques CR11 et CR12 au rotor R n'ayant pas de denture, ceci n'est pas limitatif. En effet, Ces culasses CR11, CR12 peuvent typiquement comporter deux dentures, ce qui améliore l'efficacité du centreur magnétique en facilitant l'obtention d'un flux magnétique orthogonal aux dites dentures.

[0031] La figure 3 apporte un autre point de vue sur le centreur magnétique selon l'invention avec une demie vue de dessus selon un plan de coupe parallèle à la base circulaire du centreur situé juste sous la partie supérieure de la culasse magnétique CS11. On visualise bien les culasses magnétiques CR11, CR12 du rotor R, avec au milieu les bobinages et les aimants assemblés entre les culasses magnétiques CS11 et CS12 du stator S.

[0032] En résumé, l'invention a pour principal avantage de proposer un concept de centreur magnétique sans aimant au rotor, le rotor se réduisant à une couronne comportant des culasses magnétiques, permettant de disposer d'un équipement testable au sol, sous gravité,

dans toutes les positions, sans apport d'énergie supplémentaire, et sans augmentation de la complexité dudit dispositif. Coût, encombrement et simplicité de conception s'en trouvent optimisés.

Revendications

1. Dispositif de centreur magnétique comportant :
 - un corps mobile, appelé rotor (R), comprenant une structure mécanique et au moins une culasse magnétique (CR11, CR12),
 - un corps de référence, appelé stator (S), comprenant une structure mécanique et au moins une culasse magnétique (CS11, CS12),
 - un ensemble de bobinages (B11, B11', B12, B12') pouvant être alimenté par un courant de bobinage,
 - un ensemble d'aimants (A11, A12), au moins deux entrefers séparant lesdites culasses magnétiques (CR11, CR12, CS11, CS12) du rotor (R) et du stator (S), **caractérisé en ce que :**
 - l'ensemble de bobinages (B11, B11', B12, B12') et l'ensemble d'aimants (A11, A12) sont assemblés au stator (S), le rotor (R) comportant une couronne d'acier comprenant ladite structure mécanique et ladite culasse magnétique (CR11, CR12),
 - l'intégralité desdits entrefers est fonctionnelle, c'est-à-dire qu'ils participent à la génération de forces entre le rotor et le stator,
 - le circuit magnétique des bobinages et le circuit magnétique des aimants sont au moins partiellement confondus.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comprend quatre entrefers.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** ledit entrefer présente une dimension inférieure à environ deux millimètres.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** chaque entrefer présente une dimension inférieure à environ un millimètre.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la culasse magnétique (CR11, CR12) du rotor (R) présente deux dentures, permettant d'améliorer l'efficacité dudit centreur magnétique.
6. Actionneur gyroscopique comprenant un cardan et une roue, **caractérisé en ce que** ladite roue comprend un dispositif de centreur magnétique du rotor par rapport au stator selon l'une quelconque des re-

vendications précédentes.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

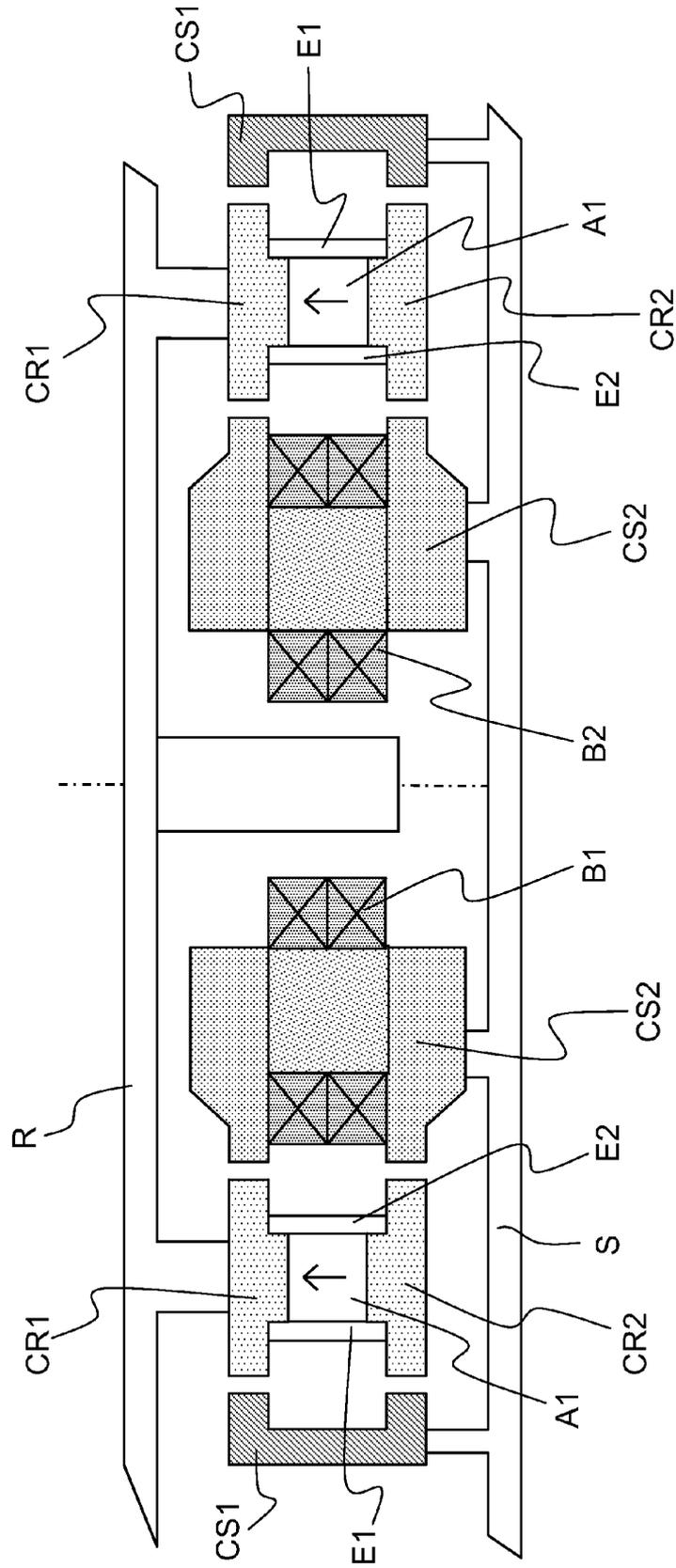


FIG. 1

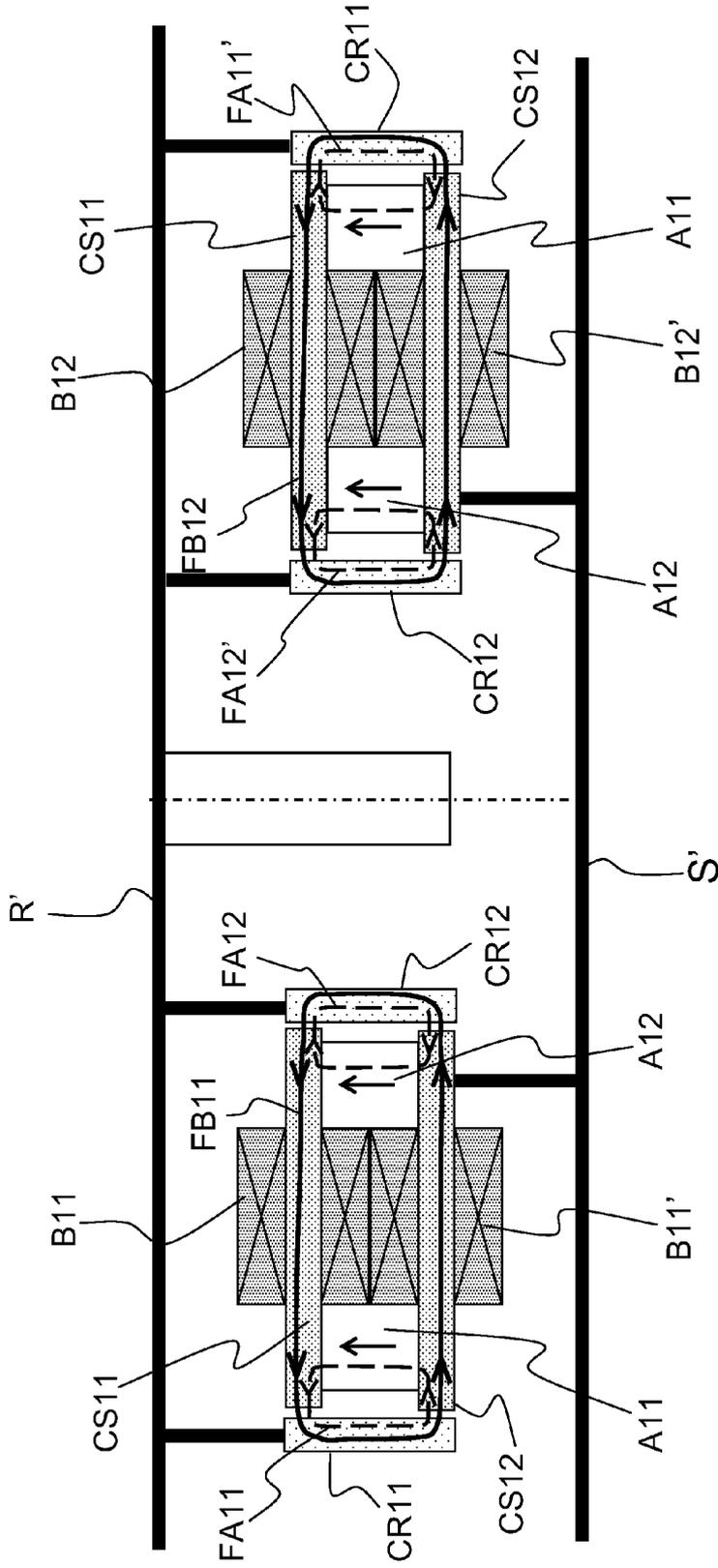


FIG.2

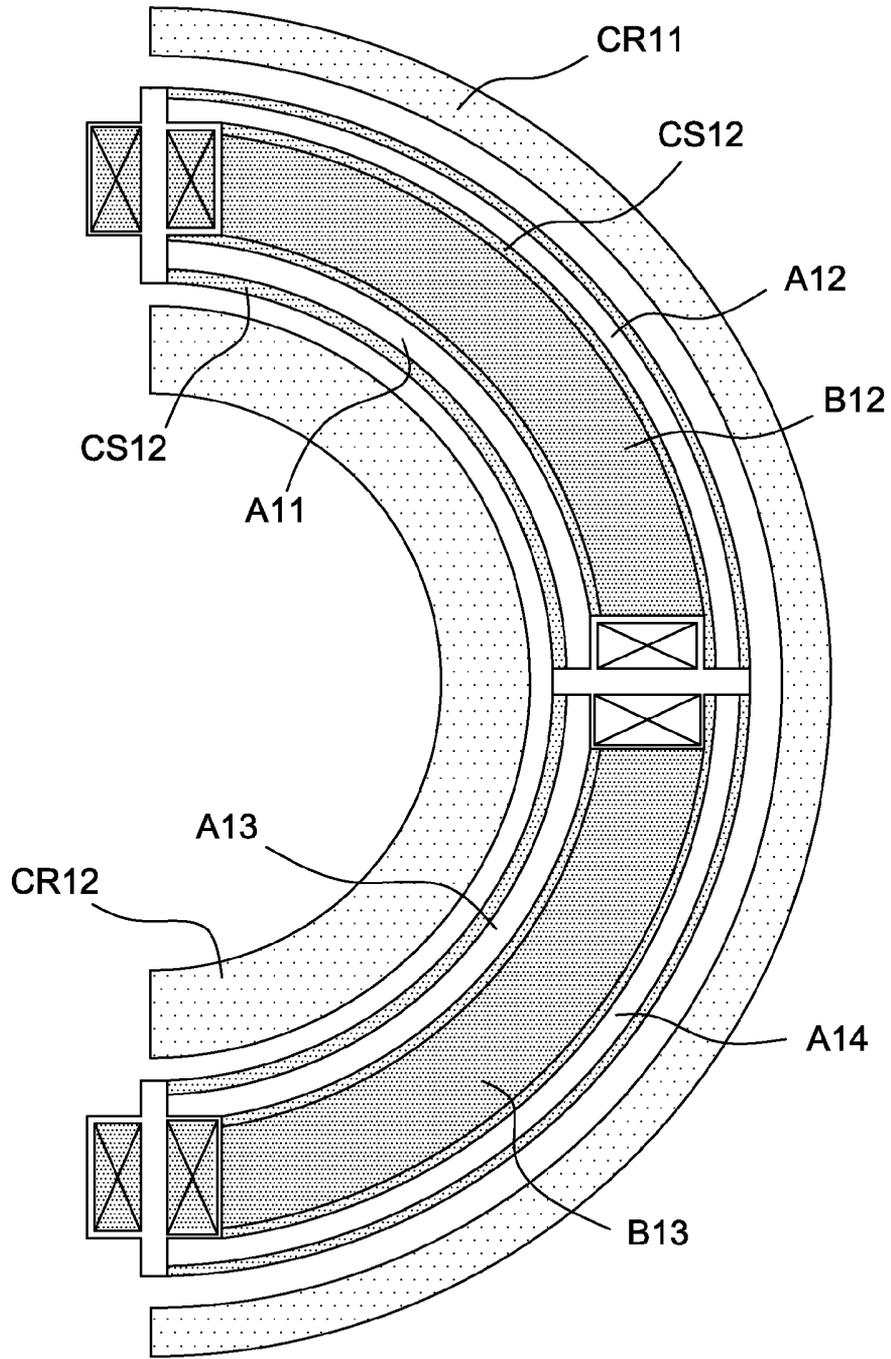


FIG.3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 09 16 6254

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X,D	EP 0 284 487 A (AEROSPATIALE [FR]) 28 septembre 1988 (1988-09-28) * colonne 6, ligne 5 - colonne 8, ligne 55; figures 1-7 *	1,5	INV. F16C32/04
X,D	US 4 043 614 A (LYMAN FRANK) 23 août 1977 (1977-08-23) * colonne 2, ligne 23 - colonne 3, ligne 42 * * colonne 6, ligne 30 - colonne 9, ligne 10; figures 1-4,6-8 *	1-2,5-6	ADD. B64G1/28 G01C19/24
X,D	EP 0 613 594 B (AEROSPATIALE [FR]) 28 mai 1997 (1997-05-28) * colonne 6, ligne 24 - colonne 10, ligne 13; figures 1,2 *	1,3-5	
X,D	US 4 652 780 A (MURAKAMI CHIKARA [JP] ET AL) 24 mars 1987 (1987-03-24) * le document en entier *	1-2,5	
X,D	EP 0 724 086 A (AEROSPATIALE [FR]) 31 juillet 1996 (1996-07-31) * le document en entier *	1	
A		2,5-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F16C H02K B64G G01C
X	US 4 732 353 A (STUDER PHILIP A [US]) 22 mars 1988 (1988-03-22) * le document en entier *	1	
A		5-6	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 15 septembre 2009	Examineur De Jongh, Cornelis
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 82 (P04CC02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 09 16 6254

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15-09-2009

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0284487	A	28-09-1988	DE 3866569 D1	16-01-1992
			ES 2027022 T3	16-05-1992
			FR 2612266 A1	16-09-1988
			GR 3003349 T3	17-02-1993
			JP 2873372 B2	24-03-1999
			JP 63235718 A	30-09-1988
			US 4918345 A	17-04-1990

US 4043614	A	23-08-1977	CA 1056428 A1	12-06-1979
			DE 2649182 A1	12-05-1977
			FR 2329890 A1	27-05-1977

EP 0613594	B	28-05-1997	DE 69311088 D1	03-07-1997
			DE 69311088 T2	02-10-1997
			DE 69316613 D1	26-02-1998
			DE 69316613 T2	28-05-1998
			EP 0613594 A1	07-09-1994
			FR 2696057 A1	25-03-1994
			WO 9407299 A2	31-03-1994
			US 5550413 A	27-08-1996

US 4652780	A	24-03-1987	DE 3571067 D1	20-07-1989
			EP 0191225 A2	20-08-1986
			JP 1002813 B	18-01-1989
			JP 1526132 C	30-10-1989
			JP 61175314 A	07-08-1986

EP 0724086	A	31-07-1996	FR 2730021 A1	02-08-1996
			JP 8261236 A	08-10-1996

US 4732353	A	22-03-1988	AUCUN	

EPO FORM P0160

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 88400586 [0009]
- FR 8703489 [0009]
- EP 0724086 A [0009]
- US 4043614 A [0009]
- EP 0284487 A [0010]
- EP 0613594 A [0012]
- US 4652780 A [0013]