

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 036 868

②1 N° d'enregistrement national : **15 01109**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 02 K 1/06 (2016.01)**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 **Date de dépôt** : 29.05.15.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 02.12.16 Bulletin 16/48.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

Demande(s) d'extension :

⑦1 **Demandeur(s)** : FRANCECOL TECHNOLOGY Société par actions simplifiée — FR.

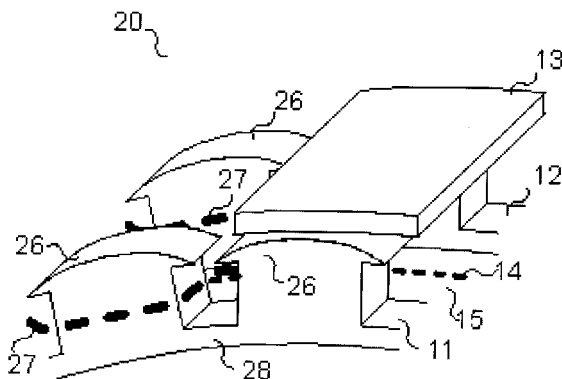
⑦2 **Inventeur(s)** : BERNOT FRANCOIS, BERNAOLA MENDOZA VICTOR IVAN et MORALES MORALES JOHN EDWIN.

⑦3 **Titulaire(s)** : FRANCECOL TECHNOLOGY Société par actions simplifiée.

⑦4 **Mandataire(s)** : CABINET BLEGER-RHEIN-POUPON.

⑤4 **MOTEUR HOMOPOLAIRE COMPOSE ASYNCHRONE.**

⑤7 L'invention concerne une machine électrique tournante asynchrone à cage, où aucun des bobinages électriques n'est tournant, dont la structure est de type homopolaire composée, où la bobine 14 d'excitation est alimentée en courant alternatif, et où les bobines d'induit des armatures 11 et 12 sont soit connectées en court-circuit, soit elles sont alimentées en courant alternatif.



FR 3 036 868 - A1



MOTEUR HOMOPOLAIRE COMPOSE ASYNCHRONE

L'invention concerne une machine électrique tournante asynchrone à cage, où aucun des bobinages électriques n'est tournant, dont la structure est de type homopolaire composée.

De manière connue, un moteur asynchrone d'induction comporte un stator polyphasé et un rotor à cage d'écureuil tournante. Dans certains cas le rotor est réalisé avec un enroulement polyphasé. Le couple fourni par la machine est directement proportionnel au courant d'induit, ce qui provoque un échauffement important du rotor, qui n'est pas refroidi.

L'invention propose une solution à cet échauffement du rotor, en rendant les différents bobinages du moteur, dont la cage rotorique, solidaires du stator, qui est facile à refroidir par conduction, en raison de son absence de mouvement.

Dans la description de l'invention, le mot « armature électromagnétique » désigne un stator caractérisé en ce qu'il génère un flux magnétique constitué soit d'une composante continue, soit d'une composante alternative, soit des deux composantes alternative et continue réunies, lequel flux magnétique en sort dans une direction sensiblement radiale dans le plan coplanaire x-y, au niveau de la surface sensiblement annulaire d'axe de direction z, dite surface d'entrefer.

Ladite armature électromagnétique est alimentée en courant alternatif, avec de façon optionnelle une composante continue. Ladite armature électromagnétique peut être unique ou dupliquée en plusieurs armatures électromagnétiques associées parallèlement à l'axe de rotation, pour former une machine polyphasée. Ladite armature électromagnétique

2/14

forme le stator de la machine électrique tournante. Ladite armature électromagnétique est annulaire, évidée ou pleine en son centre. Ladite armature électromagnétique peut recevoir un bobinage électrique. Ladite armature électromagnétique comporte un nombre de paires de pôles magnétiques noté « Npp », lequel nombre correspond au nombre de paires d'alternance de flux magnétique rentrant (Sud) et sortant (Nord) dans la direction radiale d'axe z au travers de sa surface d'entrefer.

Dans la description de l'invention, le mot « surface d'entrefer » désigne un cylindre d'axe z qui correspond à la surface moyenne d'interaction magnétique entre le rotor et le stator.

Dans la description de l'invention, l'axe noté z correspond à l'axe de rotation de la machine électrique, l'axe noté x correspond à la direction tangentielle à un cylindre centré sur l'axe z et l'axe y correspond à la direction d'un rayon d'un disque coplanaire centré sur l'axe z, le mot plan polaire désigne un plan orthogonale à l'axe z.

Dans la description de l'invention, le mot « pôle magnétique » correspond à des zones de la périphérie desdites armatures électromagnétiques 11 et 12, où le flux magnétique sort dans une direction sensiblement radiale de l'armature électromagnétique pour les pôles magnétiques Nord N et rentre dans l'armature électromagnétique pour les pôles magnétiques Sud S, lequel flux magnétique traverse la surface d'entrefer de façon au moins partielle.

Dans la description de l'invention, l'abréviation « poudre SMC » décrit une poudre de fer caractérisée par l'isolation électrique partielle des particules élémentaires qui la forment, comme par exemple la poudre SMC de la marque Hoganas, laquelle poudre est compressée, selon l'un des

procédés de la liste suivante non-exhaustive : poudre de fer pressée à froid ou à chaud, poudre de fer pressée à froid ou à chaud puis cuite à chaud, ferrite, poudre de fer frittée, lequel procédé appliqué à la poudre SMC permet d'obtenir un circuit magnétique dont les pertes par courant de Foucault sont réduites, avec une caractéristique magnétique isotrope.

L'invention décrit une machine monophasée ou diphasée. De façon évidente, une machine polyphasée, comportant au moins une phase, est réalisée en empilant axialement le long d'un même axe de rotation plusieurs machines issues de l'invention, et en les reliant éventuellement par des pièces magnétiques et des bobines, afin de former des machines composées.

Un moteur homopolaire composé 10, tel que représenté à la figure 1 dans une version dite inversée, à rotor extérieur, est caractérisé par le fait qu'il comporte au moins un stator et au moins un rotor, lequel rotor est formé par des pièces de retour de flux magnétique 13, agencées autour de l'entrefer séparant le rotor du stator, et maintenues entre elles par un support non-conducteur ni du flux magnétique ni de l'électricité, lequel stator est formé des éléments suivants :

- d'une part au moins une paire d'armatures électromagnétiques fixes 11 et 12 agencées axialement dans la direction d'axe z et sensiblement centrées sur l'axe z, lesquelles armatures électromagnétiques reçoivent, l'une ou l'autre au moins un bobinage générant un flux magnétique sensiblement alternatif dans l'entrefer,
- d'autre part une cale magnétique 15 qui relie les armatures 11 et 12, laquelle cale 15 est conçue de façon à permettre la circulation du flux magnétique dans la direction d'axe z entre les armatures 11 et 12 sensiblement entre tous les pôles magnétiques de chacune des armatures 11 et 12 en vis-à-vis dans la direction d'axe z, laquelle cale

4/14

magnétique 15 est préférentiellement placée en contact avec les armatures 11 et 12, sur leur face annulaire opposée à la surface d'entrefer

- une bobine annulaire 14 droite ou vrillée, disposée entre l'entrefer et la cale magnétique 15, laquelle est alimentée en courant continu.

Dans une réalisation particulière économique, la cale magnétique 15 est réalisée soit dans acier doux massif, soit dans un autre matériau ferromagnétique massif.

Dans une réalisation particulière, les pièces de maintien des pièces 13 de retour du flux magnétique sont réalisées en acier inoxydable amagnétique ou magnétique.

Lesdites pièces de retour de flux magnétique 13 sont parcourues par un flux magnétique constitué d'une composante alternative et/ou d'une composante continue, ce qui leur impose une réalisation adéquate. Par exemple dans un premier mode de réalisation en tôles feuilletées lesdites pièces de retour de flux magnétique 13 sont disposées dans un plan sensiblement x-y et empilées annulairement par déplacement sensiblement dans la direction de la rotation coplanaire Θ , ou dans un deuxième mode de réalisation en poudre SMC. Lesdites pièces de retour de flux magnétique 13 sont caractérisées par une section dans le plan polaire adaptée, qui permette le passage du flux émis par les armatures électromagnétiques, de façon préférentielle sans y rencontrer de saturation magnétique excessive. Lesdites pièces de retour de flux magnétique 13 sont en nombre égal à la moitié des pôles magnétiques des armatures électromagnétiques 11 et 12, et elles sont décalées angulairement de façon sensiblement constante entre-elles.

Lesdites armatures électromagnétiques 11 et 12 sont de façon préférentielle identiques, et comportent le même nombre de pôles magnétiques. La génération des alternances polaires Nord et Sud dans les armatures électromagnétiques est obtenue par un bobinage et une géométrie des armatures électromagnétiques, non-représentée à la figure 1, laquelle géométrie est caractérisée dans un premier mode de réalisation par des pôles saillants (armature générant un flux magnétique monophasé), et dans une deuxième mode de réalisation par des pôles lisses (armature générant un flux magnétique triphasé, correspondant à un champ électromagnétique tournant équivalent).

Les armatures électromagnétiques 11 et 12 sont respectivement décalées angulairement l'une par rapport à l'autre d'un angle Θ_a (compté dans un plan polaire), selon l'illustration 10a de la figure 1, lequel angle Θ_a , se compte par le décalage angulaire entre le plan x-y calé sur un pôle magnétique Sud de l'armature électromagnétique 11 et le plan x-y calé sur le pôle magnétique Sud le plus proche de l'armature 12.

Dans un premier mode de réalisation les armatures 11 et 12 sont en opposition, ce qui correspond à un angle $\Theta_a = 180^\circ$. Dans une deuxième mode de réalisation, les armatures 11 et 12 ne sont plus en opposition, mais elles sont décalées d'un angle différent de 180° . Le cas $\Theta_a = 180^\circ$ correspond par exemple à un moteur électrique synchrone monophasé si les armatures 11 et 12 sont du type à pôles saillants. Le cas $\Theta_a = 90^\circ$ ou $\Theta_a = 270^\circ$ correspond par exemple à un moteur électrique synchrone diphasé si les armatures 11 et 12 sont du type à pôles saillants.

Les bobines d'excitation non-représentées, des armatures électromagnétiques 11 et 12 sont alimentées par un courant sensiblement alternatif, dont la fréquence est sensiblement égale à la fréquence de

6/14

rotation du rotor multiplié par le nombre de paires de pôles magnétiques, et dont la phase temporelle relativement à la position mécanique du rotor est calculée de façon à optimiser le couple généré sur le rotor.

Le moteur homopolaire composé est très intéressant, car il ne comporte aucune bobine tournante, ni aimant. Il autorise un fonctionnement en mode synchrone autopiloté, avec une capacité à la survitesse importante, grâce au mode de défluxage par l'inducteur, en diminuant le courant d'excitation de la bobine 14.

Dans un mode de réalisation particulier, la cale magnétique 15 est remplacée, ou complétée par un aimant annulaire, qui génère un flux magnétique de direction d'axe z, avec de façon optionnelle la suppression de la bobine d'excitation 14.

Toutes les pièces magnétiques formant la machine homopolaire 10 peuvent être réalisées soit en tôle ferromagnétique découpée et empilée, soit en poudre SMC. Dans un mode de réalisation économique, la cale magnétique 15 peut être réalisée en matériau magnétique massif, tel que de l'acier, ou du fer doux.

Dans un mode de réalisation particulier 20 des armatures 11 et/ou 12, tel que représentée à la figure 2, l'une et/ou l'autre des armatures électromagnétiques 11 ou 12 est caractérisée par le fait qu'elle est composée : d'une culasse 28, sur laquelle sont agencées des saillances 26 dont l'extrémité libre définit un entrefer autour desquelles est enroulé un bobinage 27, qui passe soit alternativement d'une saillance à une autre, en changeant de côté, soit qui est enroulé autour de chacune des saillances, puis relié à la saillance suivante.

7/14

Dans le mode de réalisation particulier 20, les pièces de retour de flux magnétique 13 ont de façon préférentielle une longueur polaire dans la direction angulaire polaire Θ sensiblement égale à la longueur angulaire au droit de l'entrefer des saillances polaires 26. Dans ledit mode de réalisation particulier 20, les pièces de retour de flux magnétique 13 ont de façon préférentielle une section dans le plan de coupe polaire sensiblement égale à la section dans un plan cylindrique au droit de l'entrefer des saillances polaire 26.

Dans le mode de réalisation particulier 20, les armatures 11 et 12 peuvent aussi être réalisées avec des griffes en tôle ou en poudre SMC.

Dans un mode de réalisation particulier 30 des armatures 11 et/ou 12, tel que représentée à la figure 3, l'une et/ou l'autre des armatures électromagnétiques 11 ou 12 est caractérisée par le fait qu'elle est composée :

- en premier lieu d'une culasse électromagnétique 38 formée de tôles 36, lesquelles sont agencées dans un plan coplanaire x-y et empilées de façon sensiblement parallèle dans la direction z,
- en deuxième lieu de champignons 35 posés de façon sensiblement régulière, sur la surface cylindrique d'axe z de ladite culasse 38 la plus proche de la surface d'entrefer, lesquels champignons sont formés de tôles 33, lesquelles sont agencées dans un plan y-z et sont empilées de façon sensiblement parallèles entre elles, soit dans la direction polaire de rotation notée Θ , soit dans la direction tangentielle x, soit dans une direction variable, qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation z, lesdits champignons 35 sont interposés entre la culasse 38 et la surface d'entrefer, lesdits champignons 35 sont posés sur la culasse 38 sur une surface d'interaction mécanique sensiblement annulaire d'axe z, lesdits

8/14

champignons 35 comportent de façon préférentielle un évidement 39, qui reçoit le bobinage 27.

Dans ce mode de réalisation particulier 30, afin de simplifier la description de l'invention et d'assurer la cohérence avec la description des autres réalisations, l'angle Θ_a est compté à partir du centre de symétrie radial d'un champignon 35 dont la face plane dans le plan polaire est orientée vers les ordonnées z décroissantes. Toute autre définition de Θ_a cohérente avec cette dernière définition reste valable.

Il apparaît que dans ce mode de réalisation particulier 30, les flux dans la machine électrique tournante réalisée, sont du type à flux transverse simultanément au rotor et au stator.

Dans les modes de réalisation particuliers 20 et 30, les culasses 28 et/ou 38 sont dans un premier cas annulaires, et dans un deuxième cas discoïdales.

L'invention propose de transformer le moteur homopolaire composé 10 ou 20, qui fonctionne en mode synchrone autopiloté, dit BLDC, et dont l'inducteur 14 est alimenté en courant continu, en une machine homopolaire asynchrone. L'invention utilise la même structure que la machine 10 ou son mode de réalisation particulier 20. L'invention se caractérise par les différences suivantes vis-à-vis des réalisations particulières 10, 20 et 30 :

- la cale magnétique 15 est réalisée en un matériau magnétique qui accepte les flux alternatifs, tels qu'une poudre SMC ou des tôles agencées dans un plan sensiblement polaire et empilées le long d'une direction angulaire Θ , afin de former un anneau capable de

9/14

véhiculer le flux magnétique alternatif de direction d'axe z en son sein,

- les bobinages des armatures 11 et 12 dans le mode de réalisation 10, ou des bobines 27 dans le mode de réalisation 20, sont appelés induits dans l'invention, sont connectées chacune indépendamment en court-circuit, ou dans une autre mode de réalisation particulier elles sont connectées en série et reliées en court-circuit, ou dans un autre mode de réalisation particulier, lesdites bobines 27 sont remplacées chacune par une cage en court-circuit, similaire à celle d'une machine d'induction de l'état de l'art,
- la bobine d'excitation 14 est alimentée par un courant alternatif, qui amène l'énergie électrique au moteur, elle est appelée inducteur dans l'invention.

La machine obtenue est une machine asynchrone d'induction, qui a un fonctionnement identique à celui d'une machine d'induction de l'état de l'art. Une machine polyphasée est construite en associant axialement plusieurs machines de l'invention. Le mode de fonctionnement de la machine asynchrone à double alimentation est obtenu en alimentant en courant alternatif l'induit, simultanément à l'inducteur.

- La figure 1 présente une machine homopolaire composée.
- La figure 2 présente une réalisation particulière de la machine homopolaire composée utilisant des dents champignons.
- La figure 3 présente une réalisation particulière de la machine homopolaire composée utilisant des dents à griffe.

Toute la description de l'invention a été effectuée pour une machine tournante électrique dont la surface d'entrefer est un cylindre centré autour de son axe de rotation z. La transposition de l'invention à une

10/14

machine de type discoïdale, où la surface d'entrefer est un disque, annulaire ou plein, centré sur l'axe de rotation, se fait de façon évidente par l'homme de l'art, en utilisant les symétries de conception adéquates, qui transposent par exemple les flux radiaux en flux tangentiels et réciproquement.

De façon évidente la description de l'invention s'étend à tous les modes de fonctionnement de la machine électrique tournante décrite, dans les quatre quadrants de fonctionnement du plan couple-vitesse de l'arbre, et par conséquent en modes moteur, générateur et frein, en sens de rotation positif et négatif.

De façon évidente, dans la description de l'invention, le passage d'une structure à rotor extérieur, telle qu'illustrée, à une structure à rotor intérieur se fait par effet miroir vis-à-vis de la surface d'entrefer, comme le décrit l'état de l'art, en utilisant une symétrie radiale centrée autour de la surface d'entrefer.

De façon évidente, la description de la machine électrique tournante de l'invention s'étend à une machine électrique linéaire, en effectuant une transformation conforme, qui déroule les dimensions dans l'axe polaire x en des dimensions linéaires.

De façon évidente, toute ou partie des pièces ferromagnétiques constituant l'invention peuvent être réalisées en poudre SMC.

La machine électrique de l'invention peut comporter des armatures à griffe en tôle ou à dents amovibles. La machine électrique de l'invention peut être commandée par un algorithme de commande en boucle ouverte de tension, associé éventuellement à un procédé de réduction du bruit de son

11/14

codeur. La machine électrique de l'invention peut être isolée avec un procédé d'isolation haute température à base de silicone.

Tous les éléments qui ont été présentés dans cette invention peuvent être étendus à d'autres machines électriques tournantes ou statiques, comportant un nombre quelconque de phases électriques et de pôles magnétiques électromagnétiques. La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits, mais s'étend à toute modification et variante évidente pour un homme du métier, tout en restant dans l'étendue de la protection définie dans les revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante caractérisée par le fait qu'elle comporte au moins un stator et au moins un rotor, lequel rotor est formé par des pièces de retour de flux magnétique (13), agencées autour d'un entrefer séparant le rotor du stator, et maintenues entre elles par un support non-conducteur ni du flux magnétique ni de l'électricité, lequel stator est formé des éléments suivants :

- d'une part, au moins une paire d'armatures électromagnétiques fixes (11, 12) agencées axialement dans la direction d'axe z et sensiblement centrées sur l'axe z, lesquelles armatures électromagnétiques reçoivent, l'une ou l'autre au moins un bobinage générant un flux magnétique sensiblement alternatif dans l'entrefer ;
- d'autre part, une cale magnétique (15) qui relie les armatures (11, 12), laquelle cale (15) est conçue de façon à permettre la circulation du flux magnétique dans la direction d'axe z entre les armatures (11, 12) sensiblement entre tous les pôles magnétiques de chacune des armatures (11, 12) en vis-à-vis dans la direction d'axe z), laquelle cale (15) est préférentiellement placée en contact avec les armatures (11, 12), sur leur face annulaire opposée à la surface d'entrefer ; et
- une bobine annulaire (14) droite ou vrillée, disposée entre l'entrefer et la cale magnétique (15).

2. Machine électrique tournante, selon la revendication précédente, caractérisée par le fait qu'au moins l'une de ses armatures (11, 12) est composée d'une culasse (28), sur laquelle sont agencées des saillances (26) dont l'extrémité libre définit un entrefer autour desquelles est enroulé un bobinage (27), qui passe soit

alternativement d'une saillance à une autre, en changeant de côté, soit qui est enroulé autour de chacune des saillances, puis relié à la saillance suivante.

3. Machine électrique tournante, selon la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait qu'au moins l'une des armatures (11, 12) est composée :

- en premier lieu d'une culasse électromagnétique (38) formée de tôles (36), lesquelles sont agencées dans un plan coplanaire x-y et empilées de façon sensiblement parallèle dans la direction z,
- en deuxième lieu de champignons (35) posés de façon sensiblement régulière sur la surface cylindrique d'axe z de ladite culasse (38) la plus proche de la surface d'entrefer, lesquels champignons sont formés de tôles (33), lesquelles sont agencées dans un plan y-z et sont empilées de façon sensiblement parallèles entre elles, soit dans la direction polaire de rotation notée Θ , soit dans la direction tangentielle x, soit dans une direction variable, qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation z, lesdits champignons (35) sont interposés entre la culasse (38) et la surface d'entrefer, lesdits champignons (35) sont posés sur la culasse (38) sur une surface d'interaction mécanique sensiblement annulaire d'axe z, lesdits champignons (35) comportent de façon préférentielle un évidement (39), qui reçoit le bobinage (27).

4. Machine électrique tournante, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que les bobines annulaire (14) sont alimentées en courant continu.

5. Machine électrique tournante, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que :

14/14

- en premier lieu, la cale magnétique (15) est réalisée en un matériau magnétique qui accepte les flux alternatifs, tels qu'une poudre SMC ou des tôles agencées dans un plan sensiblement polaire et empilées le long d'une direction angulaire Θ , afin de former un anneau capable de véhiculer le flux magnétique alternatif de direction d'axe (z) en son seing,
- en second lieu,
 - o les bobinages des armatures (11, 12) ou les bobinages (27) sont connectés chacun indépendamment en court-circuit, ou en série et reliés en court-circuit, ou
 - o les bobinages (27) sont remplacées chacune par une cage en court-circuit,
- en troisième lieu, la bobine annulaire (14) est alimentée par un courant alternatif, qui amène l'énergie électrique au moteur.

6. Machine électrique tournante comprenant un assemblage dans la direction d'axe z de plusieurs machines électriques tournantes selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/2

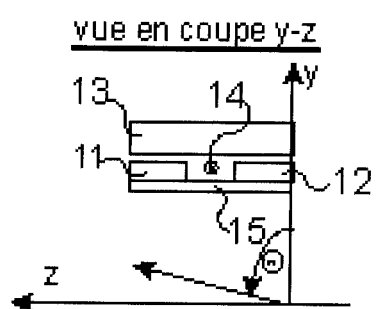
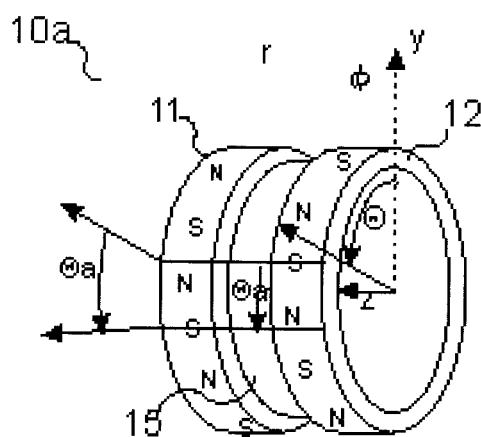
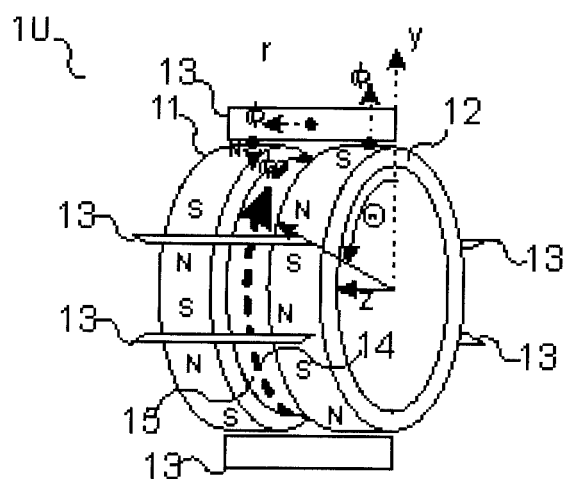


Figure 1



2/2

Figure 2

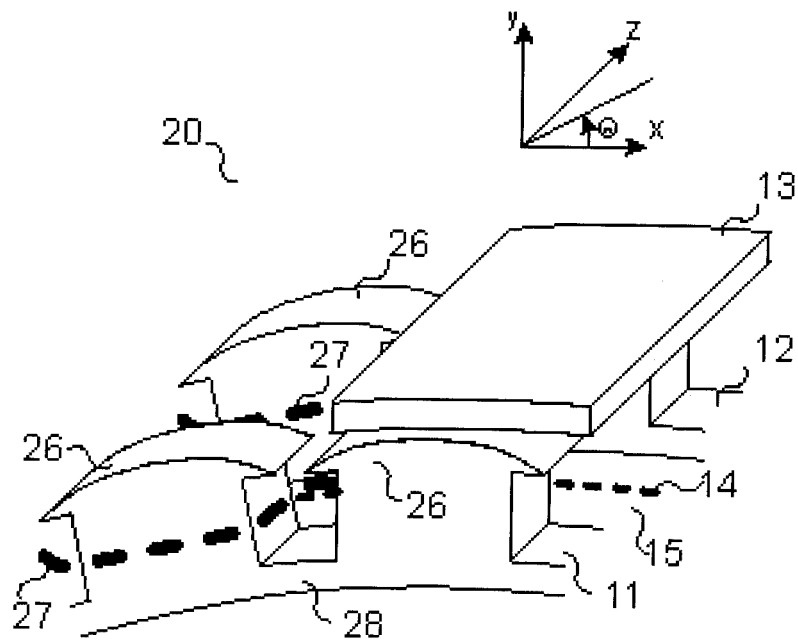
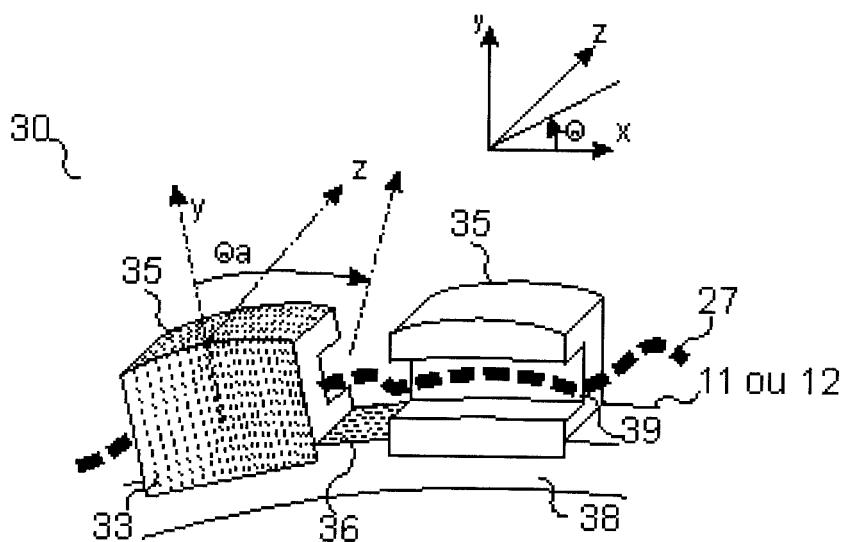


Figure 3



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1501109 FA 816726**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-03-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9314551	A1	22-07-1993	CA 2127873 A1	22-07-1993
			EP 0623254 A1	09-11-1994
			JP H07502878 A	23-03-1995
			WO 9314551 A1	22-07-1993

WO 2008098403	A2	21-08-2008	CN 101657955 A	24-02-2010
			EP 2122809 A2	25-11-2009
			US 2009295237 A1	03-12-2009
			WO 2008098403 A2	21-08-2008

DE 102013210084	A1	04-12-2014	AUCUN	

DE 102013200890	A1	24-07-2014	AUCUN	
