

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.12.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.06.15 Bulletin 15/23.

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) : RENAULT S.A.S Société par actions
simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CALEGARI LIONEL, FASSOT GIL-
BERT et VILLENEUVE ARNAUD.

⑦3 Titulaire(s) : RENAULT S.A.S Société par actions sim-
plifiée.

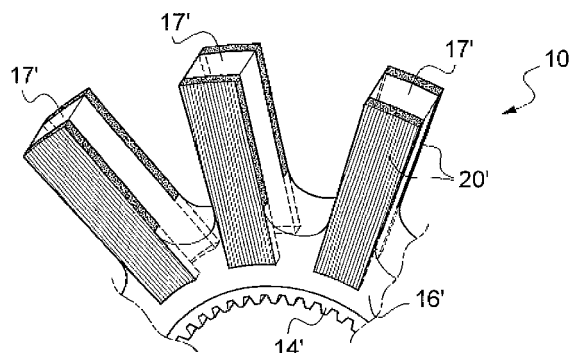
⑦4 Mandataire(s) : RENAULT SAS.

⑤4 ROTOR DISCOÏDE A STRUCTURE COMPOSITE RENFORCEE POUR MACHINE ELECTRIQUE A FLUX AXIAL.

⑤7 L'invention concerne un rotor discoïde (10') pour une
machine électrique à flux axial comprenant :

- une pluralité de pôles d'aimants disposés sur la partie
périphérique dudit rotor,
- un élément d'arbre (14') pour entraîner un arbre en ro-
tation,

dans lequel l'élément d'arbre (14') et la pluralité de pôles
d'aimants sont au moins partiellement noyés dans un maté-
riau composite comprenant une matrice polymère et des
fibres non orientées. Selon l'invention, une pluralité d'élé-
ments de renfort radial (20') sont disposés entre les pôles
d'aimants et agencés symétriquement par rapport à l'axe du
rotor et à un plan médian radial du rotor. Chaque élément de
renfort radial (20') comprend une pluralité de fibres conti-
nues unidirectionnelles orientées radialement, de longueur
au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants.
Chaque élément de renfort radial (20') est en outre au moins
partiellement noyé dans ledit matériau composite.



ROTOR DISCOÏDE A STRUCTURE COMPOSITE RENFORCEE POUR MACHINE ELECTRIQUE A FLUX AXIAL

L'invention concerne un rotor discoïde à structure composite renforcée pour une machine électrique à flux axial, en particulier pour un moteur à flux axial.

5 L'invention peut trouver une application dans l'automobile, notamment dans la traction d'un véhicule électrique ou hybride, ou autre.

Une machine électrique à flux axial comporte un rotor et un ou deux stators alimentés en courant. Le rotor et les stators sont montés autour d'un arbre tournant, lequel est solidarisé au rotor.

10 Il est connu d'utiliser, notamment pour des applications dans le domaine du bâtiment, un rotor métallique lequel peut être relativement facile à fabriquer.

Néanmoins, lorsque l'on cherche à concevoir une machine électrique compacte, il existe un risque de surchauffe du rotor à aimants permanents à cause des courants de Foucault, et en cas 15 d'élévation de température, les flux magnétiques peuvent être perturbés de sorte que les performances risquent d'être réduites.

On cherche donc à réaliser une machine électrique à flux axial permettant de concilier compacité, robustesse et performance.

20 A cet effet, des rotors en matériau composite ont été développés. Par exemple, le document US 6 674 214 décrit une machine électrique à flux axial avec un rotor comprenant des pôles d'aimants noyés dans un support en matériau composite de sorte que la masse du rotor peut être relativement faible. Les pôles surmoulés participent à la rigidité radiale 25 du rotor dont le matériau composite comporte un renfort de fibres, sans orientation privilégiée des fibres. Ce type de matériau peut cependant présenter une raideur radiale insuffisante.

Des matériaux composites résistants peuvent être obtenus en utilisant des procédés tels que le procédé RTM (« Resin Transfer 30 Moulding » en terminologie anglo-saxonne), qui est un procédé de moulage par compression-transfert qui doit ensuite être suivi d'un usinage. De tels processus de fabrication ne permettent cependant pas une production en grande série et à faible coût en raison de l'usinage et des pressions élevées du procédé RTM.

Il existe donc un besoin pour un rotor en matériau composite robuste, notamment axialement, qui puisse en outre être réalisé par un processus de fabrication simple, de préférence sans usinage.

A cet effet, l'objet de l'invention concerne un rotor discoïde pour une machine électrique à flux axial comprenant :

- une pluralité de pôles d'aimants disposés sur la partie périphérique dudit rotor,

- un élément d'arbre pour entraîner un arbre en rotation, dans lequel l'élément d'arbre et la pluralité de pôles d'aimants sont au moins partiellement noyés dans un matériau composite comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée,

le rotor comprenant en outre une pluralité d'éléments de renfort radial disposés entre les pôles d'aimants et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor, chaque élément de renfort radial comprenant une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées radialement ou sensiblement radialement, la longueur des fibres continues étant notamment au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants, dans lequel chaque élément de renfort radial est au moins partiellement noyé dans ledit matériau composite.

Par « fibres continues unidirectionnelles » on entend des fibres continues juxtaposées. Ces fibres continues peuvent être des fibres longues, par exemple de longueur au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimant mais peuvent également être moins longues, l'important étant qu'elles soient toutes orientées dans le même sens. Leur longueur peut ainsi être déterminée de manière à obtenir une raideur axiale prédéterminée du rotor.

L'agencement particulier du rotor et la présence d'éléments de renfort radial à fibres continues dont l'orientation est privilégiée permet de renforcer la raideur du rotor, notamment sa raideur axiale. Un tel renforcement radial du rotor permet en effet d'éviter une flexion du rotor sous l'effet de la force magnétique axiale subie par les pôles d'aimants lorsqu'ils sont en regard des bobinages du ou des stators.

En particulier, l'agencement symétrique des éléments de renfort radial par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor permet d'équilibrer la masse du rotor pour une rotation

régulière et sans à coups du rotor. Cet équilibrage peut être facilité en utilisant une pluralité d'éléments de renfort radial identiques.

L'élément d'arbre peut être un moyeu, ou bien encore l'arbre lui-même.

5 La matrice polymère du matériau composite peut être thermodurcissable. Avantageusement, elle peut résister aux températures d'utilisation du rotor. Il peut s'agir par exemple de résine thermodurcissable, par exemple les polyesters insaturés (UP), vinylesters ou époxydes (EP), mais également de certaines matrices
10 thermoplastiques comme le polyamide (PA) ou le poly(sulfure de phénylène) (PPS). Cette matrice peut être renforcée par des fibres de carbone ou de verre, les fibres de verre étant préférées.

Avantageusement et de manière non limitative, la longueur des fibres continues de chaque élément de renfort radial peut être
15 supérieure à la longueur radiale des pôles d'aimants et les fibres continues dépassent les pôles d'aimants en direction de l'élément d'arbre. Cette disposition permet d'améliorer la résistance mécanique du rotor, notamment des parties du rotor situées entre les pôles d'aimants. Les fibres continues peuvent éventuellement s'étendre
20 jusqu'à l'élément d'arbre du rotor.

Les fibres continues de chaque élément de renfort radial peuvent éventuellement être tissées avec des fibres courtes, ce qui permet d'améliorer la résistance mécanique du rotor.

Avantageusement et de manière non limitative, chaque élément de
25 renfort radial peut s'étendre dans un plan radial du rotor et former une couche d'épaisseur inférieure à l'épaisseur du rotor. Une couche peut notamment affleurer une surface radiale du rotor ou être disposée entre deux couches adjacentes de matériau composite, à l'intérieur de ce dernier. Les différentes couches de matériau composite ou d'élément de
30 renfort radial s'étendent ainsi dans des plans radiaux du rotor. Une disposition de chaque couche élément de renfort à la surface ou au plus près de la surface, peut permettre d'améliorer la résistance mécanique. Cette dernière peut cependant être également améliorée en disposant les éléments de renfort radial entre des couches de matériau composite,
35 éventuellement entre chaque couche de matériau composite. Le procédé de fabrication du rotor peut alors cependant être plus long.

Les éléments de renfort radial peuvent s'étendre chacun dans un plan radial ou axial du rotor. Toutefois, leur positionnement suivant des plans axiaux peut rendre complexe la fabrication du rotor.

5 Avantageusement, chaque élément de renfort radial peut s'étendre dans un plan radial du rotor afin de faciliter la fabrication du rotor. Notamment, chaque élément de renfort radial peut occuper tout l'espace ou sensiblement tout l'espace séparant deux pôles d'aimants adjacents. Autrement dit, chaque élément de renfort peut s'étendre d'un pôle d'aimant jusqu'au pôle d'aimant adjacent. Ainsi, par exemple, pour
10 des pôles d'aimants séparés par un espace de forme sensiblement rectangulaire ou trapézoïdale, les éléments de renfort présentent la même forme sensiblement rectangulaire ou trapézoïdale.

 Pour une meilleure résistance mécanique, au moins un élément de renfort radial peut être disposé entre chaque paire de pôles
15 d'aimants adjacents.

 Lorsque plusieurs éléments de renfort sont disposés entre chaque paire de pôles d'aimants adjacents, notamment dans des plans radiaux du rotor, ils peuvent être avantageusement séparés les uns des autres par une couche de matériau composite.

20 Le rotor discoïde peut également comprendre des éléments de renfort axial disposés entre les pôles d'aimants et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor, chaque élément de renfort axial s'étendant dans un plan axial du rotor et comprenant une pluralité de fibres continues
25 unidirectionnelles orientées axialement, la longueur des fibres continues étant égale au moins à la moitié de l'épaisseur du rotor, dans lequel chaque élément de renfort axial est entièrement noyé dans ledit matériau composite. De tels éléments de renfort axial peuvent permettre de renforcer davantage la résistance mécanique du rotor.
30 Avantageusement, les éléments de renfort axial sont solidaires, par exemple réalisés d'une pièce, avec les éléments de renfort radial. Cette solidarisation peut être obtenue par pultrusion avec un matériau composite, par exemple le même que celui formant le rotor.

35 Avantageusement et de manière non limitative, les fibres des éléments de renfort radial ou des éléments de renfort axial peuvent être choisies parmi les fibres de verre, les fibres de carbone, les fibres de verre pultrudées ou pré-imprégnées et les fibres de carbone pultrudées

ou pré-imprégnées. Avantageusement, on utilise des fibres de verre, non conductrices.

Les fibres pré-imprégnées sont des fibres imprégnées d'un matériau polymère, avantageusement le même que celui du matériau composite avant leur intégration au matériau composite du rotor. Les fibres pultrudées sont des fibres imprégnées d'une résine thermodurcissable par passage dans un bain et tirées à travers une filière chauffée. Les familles de résine thermodurcissable qui peuvent être employées sont par exemple les polyesters insaturés (UP), vinylesters et époxydes (EP), mais également certaines matrices thermoplastiques comme le polyamide (PA) ou le poly(sulfure de phénylène) (PPS). Lorsque les fibres sont pultrudées, les éléments de renfort se présentent sous forme d'éléments allongés, similaires à des barreaux, qui présentent l'avantage d'être plus faciles à manipuler que des mèches de fibres. De manière similaire, les fibres imprégnées peuvent également être plus faciles à manipuler lors de la fabrication du rotor.

L'invention concerne également une machine électrique tournante à flux axial comprenant au moins un stator et un rotor discoïde tel que décrit ci-dessus.

L'invention concerne en outre un procédé de fabrication d'un rotor discoïde pour une machine électrique à flux axial, notamment un rotor discoïde selon l'invention, le procédé comprenant :

(i) prévoir un élément d'arbre pour entraîner un arbre en rotation, une pluralité de pôles d'aimants et une pluralité d'éléments de renfort radial, chaque élément de renfort radial comprenant une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées radialement ou sensiblement radialement, la longueur des fibres continues étant au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants,

(ii) installer dans un moule la pluralité de pôles d'aimants et l'élément d'arbre, de sorte que la pluralité de pôles d'aimants soit disposée en périphérie de l'élément d'arbre,

(iii) installer dans le moule la pluralité d'éléments de renfort radial de sorte que lesdits éléments de renfort radial soient disposés radialement entre les pôles d'aimants et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor,

(iv) surmouler un matériau composite comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée, de sorte que :

- 5 - l'élément d'arbre et la pluralité de pôles d'aimants soient au moins partiellement noyés dans ledit matériau composite,
- chaque élément de renfort radial soit au moins partiellement noyé dans ledit matériau composite.

10 L'étape (iv) de surmoulage peut être réalisée suivant une technique de moulage par compression consistant à placer le matériau composite à l'intérieur du moule chaud, fermer le moule puis appliquer une pression sur le composite. Une telle technique peut être mise en œuvre facilement et rapidement et permet ainsi de fabriquer un grand nombre de pièces à moindre coût. Ce surmoulage pourrait éventuellement être réalisé suivant une technique de moulage par
15 compression transfert (RTM) mais cette technique n'est pas préférée car elle nécessite un usinage ultérieur.

 Le rotor peut être composé de plusieurs couches radiales superposées de matériau composite : dans ce cas l'étape (iv) de surmoulage peut être répétée plusieurs fois, éventuellement précédée de
20 l'étape (iii) pour insérer des éléments de renfort radial entre des couches successives de matériau composite.

 L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :

- 25 - la figure 1 est une représentation en perspective éclatée d'un rotor pour une machine électrique à flux axial,
- la figure 2 est une représentation schématique partielle de face d'un rotor selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est une représentation schématique partielle de face d'un rotor selon un autre mode de réalisation de l'invention,
- 30 - la figure 4 est une vue en perspective d'une partie du rotor représenté figure 3,
- la figure 5 est une vue en perspective d'une partie de rotor selon un autre mode de réalisation,
- les figures 6 à 8 sont des vues en coupe axiale du rotor montrant un exemple d'empilement des couches de matériau composite
35 et d'éléments de renfort entre deux pôles d'aimants.

Dans la présente demande, on entend par direction « axiale », la direction supposée être celle de l'axe de l'arbre, c'est-à-dire la direction normale au plan du disque du rotor. La direction radiale est définie par rapport à cette direction axiale. Les épaisseurs sont définies comme les dimensions suivant la direction axiale.

En référence à la figure 1, un rotor discoïde 10 peut être installé sur un arbre non représenté autour duquel est ou sont également montés un ou deux stators. Lorsque deux stators sont prévus, ces deux stators peuvent être disposés de part et d'autre du rotor 10. Le rotor 10 et le ou les stators peuvent former une machine électrique à flux axial, par exemple un moteur à flux axial. En particulier, ce dispositif de rotor discoïde 10 peut être utilisé pour former un moteur à flux axial de traction d'un véhicule électrique ou hybride, par exemple un véhicule automobile.

Le rotor discoïde 10 comprend une pluralité de pôles d'aimants 12 disposés sur la partie périphérique du rotor 10 autour d'un élément d'arbre ou moyeu 14. Ces pôles d'aimants 12 sont intégrés à un support ou cage 16 en matériau isolant et rigide afin d'assurer la tenue mécanique de l'ensemble. Le matériau utilisé à cet effet est un matériau composite comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée. Un tel support 16 en matériau isolant permet de réduire les pertes dans le rotor dues aux courants de Foucault.

On pourra relever que le rotor discoïde 10 est agencé de sorte que le support composite 16 n'enrobe les pôles d'aimants 12 que sur leur surface latérale et n'enrobe le moyeu 14 qu'au niveau de la périphérie de ce moyeu 14. Sur la figure 1, les pôles d'aimants 12 sont représentés en dehors du support 16 pour plus de clarté mais sont en réalité intégrés à ce support.

Un rotor discoïde 10 comporte en outre une couronne ou frette 18. La couronne 18 est réalisée en un matériau avec des fibres continues. Ces fibres continues juxtaposées sont par exemple de longueur totale supérieure à 50mm. Il peut par exemple s'agir de fibres de verre, de carbone, de fibres polymères ou minérales. Cette couronne 18 peut permettre de renforcer l'ensemble du rotor discoïde 10, et notamment d'absorber les forces centrifuges.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, chaque pôle d'aimant 12 est composé d'une pluralité de parties d'aimants 12A, 12B, 12C, 12D, 12E, 12F, 12G, 12H, 12I, 12J. Chacune de ces parties de pôle d'aimant 12A,...., 12J, comporte une barrette en matériau magnétisable, par exemple en NdFeB.

Ainsi chaque pôle d'aimant 12 est segmenté en barrettes. On peut par exemple prévoir 10 barrettes comme dans l'exemple ci-dessus, ce qui peut permettre de réduire les pertes par courants de Foucault.

Chacune des barrettes 12A à 12J définit des contours rectilignes de sorte que la fabrication de ces barrettes est relativement simple à mener et économique en ce sens qu'elle permet d'éviter les rebus de matériau.

Néanmoins des pôles d'aimants trapézoïdaux peuvent aussi être utilisés.

Dans cet exemple, les barrettes sont réparties en trois groupes de barrettes, chaque groupe correspondant à une longueur de barrette particulière. Les barrettes les plus courtes sont disposées le plus près de l'arbre.

Le pôle d'aimant 12 représenté figure 2 comporte en outre un élément de cale 13 disposé contre la barrette la plus excentrée 12A. Cet élément de cale 13 définit un contour périphérique arrondi, ce qui peut permettre de limiter les contraintes mécaniques sur le support 16.

On peut prévoir de concevoir chacun des éléments de cale 13 de sorte que la force centrifuge soit mieux répartie, en particulier ceci peut permettre d'éviter les zones supportant des fortes contraintes, notamment aux coins de la barrette 12A, ce qui peut être intéressant notamment en cas de freinage, d'accélération, ou lorsque la vitesse de rotation du rotor est relativement élevée.

L'élément de cale 13 peut être réalisé en un matériau composite à base de résine époxyde. Cet élément de cale peut être collé à l'extrémité du pôle d'aimant 12, c'est-à-dire sur la barrette 12A.

Le moyeu 14 peut être réalisé en acier, par exemple en acier ordinaire, en acier inoxydable, en acier avec une phase austénitique, ou autre. Ce moyeu 14 peut être configuré pour transférer le couple à l'arbre. A cet effet, le moyeu peut définir des cannelures 14a.

Selon l'invention, le rotor 10 comprend en outre des éléments de renfort radial 20 disposés radialement entre les pôles d'aimants 12.

Dans l'exemple représenté, ces éléments de renfort radial s'étendent dans chacun dans un plan radial du rotor 10, c'est-à-dire dans un plan orthogonal à l'axe de rotation du rotor. Chaque élément de renfort 20 comprend une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées radialement ou sensiblement radialement, la longueur des fibres continues étant notamment au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants. Par sensiblement radialement, on entend que les fibres peuvent former un angle d'au plus 5° , notamment d'au plus 3° , voire d'au plus 1° avec la direction radiale. C'est par exemple le cas lorsque les fibres sont agencées parallèlement entre elles en une couche de forme sensiblement rectangulaire : les fibres disposées latéralement peuvent être décalées d'un angle d'au plus 3° par rapport à une direction radiale. De préférence, les fibres d'un élément de renfort radial 20 s'étendent dans un même plan radial du rotor.

Dans l'exemple représenté figure 2, chaque élément de renfort radial 20 est au moins partiellement noyé dans le support 16. En particulier, l'élément de renfort radial 20 forme une couche d'épaisseur inférieure à l'épaisseur du rotor 10 dont une surface affleure une surface radiale du rotor 10. On notera ainsi que le support composite 16 n'enrobe que les surfaces latérales de l'élément de renfort radial 20 et la surface de l'élément de renfort radial 20 opposée à la surface en affleurement.

Les différents éléments de renfort radial 20 sont disposés symétriquement par rapport à l'axe du rotor 10 et par rapport à un plan médian radial du rotor, ceci afin que les masses du rotor 10 soient équilibrées autour de son axe. Ainsi, dans l'exemple de la figure 2, un élément de renfort radial 20 est disposé radialement entre chaque paire de pôles d'aimants 12 adjacents, sur chaque face radiale du rotor 10.

Tel que visible sur la figure 2, les éléments de renfort radial 20 s'étendent sur une longueur au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants 12, les fibres des éléments de renfort radial 20 s'étendant de manière continue sur toute la longueur de chaque élément de renfort 20. La longueur radiale d'un pôle d'aimant 12 peut être définie comme la différence entre les rayons maximal $R_{\max}$ et minimal $R_{\min}$ d'un pôle d'aimant 12 (figure 2).

Dans l'exemple de la figure 2, du fait de la forme étagée des pôles d'aimants 12, les éléments de renfort radial 20 présentent une largeur inférieure à la distance séparant deux pôles d'aimants 12 adjacents.

5 Les figures 3 et 4 représentent un rotor discoïde 10' selon un autre mode de réalisation, qui ne diffère du mode de réalisation décrit figure 2 que par la forme des pôles d'aimants 12' et des éléments de renfort radial 20'. Dans ce mode de réalisation, les pôles d'aimants 12' présentent une forme sensiblement trapézoïdale et le support composite 16' définit des branches ou piges 17' entre chaque pôle d'aimant 12',
10 ces branches 17' présentant un rayon maximal égal au rayon maximal de chaque pôle d'aimant 12'. Tel que visible sur la figure 4, le support 16' présente ainsi une forme étoilée. Les pôles d'aimants 12' sont alors maintenus radialement par la couronne extérieure 18' contre laquelle ils sont directement en contact.

15 Avec cette configuration, les éléments de renfort radial 20' peuvent s'étendre d'un pôle d'aimant 12' jusqu'au pôle d'aimant 12' adjacent, autrement dit sur toute la largeur de chaque branche 12', selon une forme légèrement trapézoïdale. Comme dans l'exemple précédemment décrit, un élément de renfort radial 20' s'étend
20 latéralement entre chaque paire de pôles d'aimants 12' adjacents et sur chaque face radiale du rotor 10' (figure 4). Chaque élément de renfort radial 20' s'étend dans un plan radial, ses fibres continues étant sensiblement radiales.

Dans cet exemple, la longueur des éléments de renfort 20' est en
25 outre supérieure à la longueur radiale des pôles d'aimants 12' et les fibres continues dépassent les pôles d'aimants 12' en direction du moyeu 14'. Autrement dit, une extrémité d'un élément de renfort 20' est plus proche du moyeu que l'extrémité du pôle d'aimant 12' la plus proche du moyeu 14'.

30 Dans les modes de réalisation des figures 2 à 4, les éléments de renfort 20, 20' sont disposés uniquement sur les faces radiales externes du rotor 10, 10' respectivement. On peut cependant envisager d'autres configurations.

35 La figure 5 montre ainsi un mode de réalisation dans lequel les éléments de renfort radial 20'' sont entièrement noyés dans le matériau composite formant le support 16'', deux couches d'éléments de renfort radial 20'' étant disposées symétriquement à proximité de la surface du

rotor. Le rotor représenté partiellement sur cette figure présente une forme similaire à celle du rotor représenté sur les figures 3 et 4. L'agencement décrit en référence à la figure 5 pourrait être envisagée pour toute forme de rotor, y compris celle représentée figure 2. L'invention n'est en effet pas limitée par la forme des pôles d'aimants ou du support du rotor.

Selon d'autres modes de réalisation, on peut prévoir des éléments de renfort radial disposés entre des couches successives de matériau composite formant le support, on obtient alors un empilement de couches de matériau composite et de couches d'élément de renfort radial sur l'épaisseur du rotor entre des pôles d'aimants adjacents. Les figures 6 à 8 représentent des exemples d'empilement.

Ainsi, la figure 6 représente un exemple d'empilement dans lequel une couche d'élément de renfort radial, désignée par la lettre R, est disposée sur chaque face radiale externe du rotor, puis une couche d'élément de renfort radial R est alternée avec deux couches de matériau composite, désignées chacune par les lettres MC, avec une symétrie par rapport au plan médian radial du rotor lequel est représenté par une couche d'élément de renfort radial R.

En variante, on pourrait alterner une couche d'élément de renfort radial R avec une couche de matériau composite MC, toujours en respectant la symétrie par rapport au plan médian radial du rotor.

Dans l'exemple figurant sur la figure 7, quatre couches d'éléments de renfort radial R sont présentes en alternance avec quatre couches de matériau composite MC, le plan radial médian du rotor étant formé par deux couches de matériau composite MC adjacentes.

Dans l'exemple figurant sur la figure 8, une couche d'élément de renfort radial R est située au niveau du plan médian radial du rotor et un élément de renfort axial 21 est rajouté. Cet élément de renfort axial 21 est de même structure qu'un élément de renfort radial mais ses fibres s'étendent axialement au lieu de s'étendre radialement. Dans l'exemple, l'élément de renfort axial 21 s'étend sur toute l'épaisseur du rotor et est rendu solidaire de l'élément de renfort radial 20 par exemple au moyen d'un matériau polymère. Cet ensemble en forme de croix peut notamment être réalisé par moulage ou par pultrusion.

Les agencements décrits en référence aux figures 2 à 8 peuvent être fabriqués de manière simple au moyen d'un procédé de moulage par compression, comprenant :

- 5 (i) prévoir un moyeu 14, 14', des pôles d'aimants 12, 12' et une pluralité d'éléments de renfort radial 20, 20', 20'' éventuellement des éléments de renfort axial 21,
- (ii) installer dans un moule les pôles d'aimants 12, 12' et le moyeu 14, 14', de sorte que les pôles d'aimants 12, 12' soit disposés en périphérie du moyeu 14, 14',
- 10 (iii) installer dans le moule les éléments de renfort radial 20, 20', 20'' de sorte que ces éléments de renfort radial 20, 20', 20'' soient disposés radialement entre les pôles d'aimants 12, 12' et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor,
- 15 (iv) surmouler, par exemple par moulage par compression, un matériau composite comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée, de sorte que :
 - le moyeu 14, 14' et les pôles d'aimants 12, 12' soient au moins partiellement noyés dans le matériau composite formant le
 - 20 support 16, 16' du rotor 10, 10',
 - chaque élément de renfort radial 20, 20', 20'' soit au moins partiellement noyé dans ce matériau composite.

REVENDICATIONS

1. Rotor discoïde (10, 10', 10'') pour une machine électrique à flux axial comprenant :
- 5 - une pluralité de pôles d'aimants (12, 12') disposés sur la partie périphérique dudit rotor,
- un élément d'arbre (14, 14') pour entraîner un arbre en rotation,
- 10 dans lequel l'élément d'arbre (14, 14') et la pluralité de pôles d'aimants (12, 12') sont au moins partiellement noyés dans un matériau composite (16, 16', 16'') comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée,
- 15 le rotor comprenant en outre une pluralité d'éléments de renfort radial (20, 20', 20'') disposés entre les pôles d'aimants (12, 12') et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor, chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'')
- 20 comprenant une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées radialement ou sensiblement radialement, la longueur des fibres continues étant notamment au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants, dans lequel chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') est au moins partiellement noyé dans ledit matériau composite.
- 25 2. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur des fibres continues de chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') est supérieure à la longueur radiale des pôles d'aimants (12, 12') et les fibres continues dépassent les pôles d'aimants en direction de l'élément d'arbre.
- 30 3. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres continues de chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') sont tissées avec des fibres courtes.
- 35 4. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') s'étend dans un plan radial du rotor et forme une couche d'épaisseur inférieure à l'épaisseur du rotor, ladite couche affleurant une surface radiale externe du rotor ou étant disposée entre deux couches adjacentes de matériau composite.

5. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') s'étend dans un plan radial du rotor, notamment d'un pôle d'aimant jusqu'au pôle d'aimant adjacent.

5 6. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins un élément de renfort radial (20, 20', 20'') est disposé entre chaque paire de pôles d'aimant adjacents ou en ce que plusieurs éléments de renfort radial (20, 20', 20'') sont disposés entre chaque paire de pôles d'aimant
10 adjacents et séparés les uns des autres par une couche de matériau composite.

7. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments de renfort axial (21) disposés axialement entre les pôles d'aimants et
15 agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à un plan médian radial du rotor, chaque élément de renfort axial (21) s'étendant dans un plan axial du rotor et comprenant une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées axialement, la longueur des fibres continues étant égale au moins à la moitié de l'épaisseur du
20 rotor, dans lequel chaque élément de renfort axial est entièrement noyé dans ledit matériau composite.

8. Rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les fibres des éléments de renfort radial (20, 20', 20'') ou des éléments de renfort axial (21) sont
25 choisies parmi les fibres de verre, les fibres de carbone, des fibres de verre pultrudées ou pré-imprégnées et des fibres de carbone pultrudées ou pré-imprégnées.

9. Machine électrique tournante à flux axial comprenant au moins un stator et un rotor discoïde (10, 10', 10'') selon l'une
30 quelconque des revendications 1 à 8.

10. Procédé de fabrication d'un rotor discoïde (10, 10', 10'') pour machine électrique à flux axial, comprenant :

(i) prévoir un élément d'arbre (14, 14') pour entraîner un arbre en rotation, une pluralité de pôles d'aimants (12, 12') et une pluralité
35 d'éléments de renfort radial (20, 20', 20''), chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') comprenant une pluralité de fibres continues unidirectionnelles orientées radialement ou sensiblement radialement,

la longueur des fibres continues étant au moins égale à la longueur radiale des pôles d'aimants,

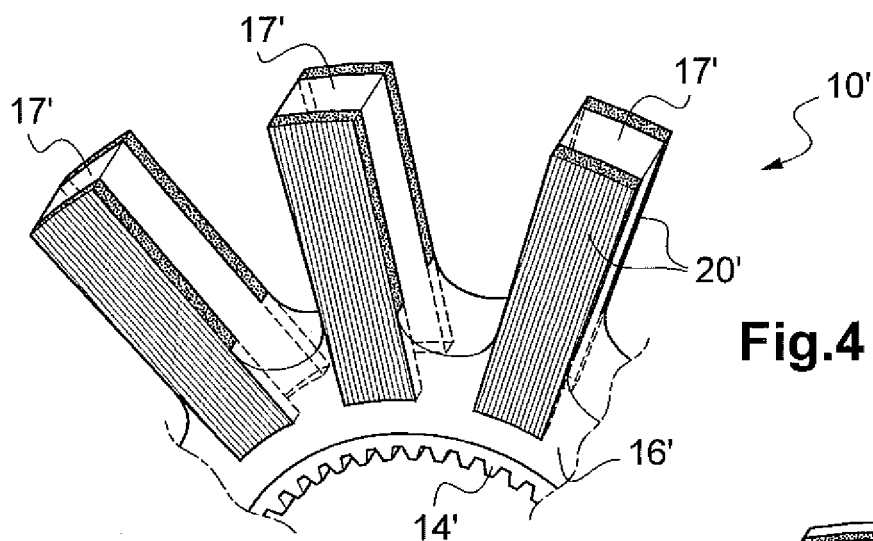
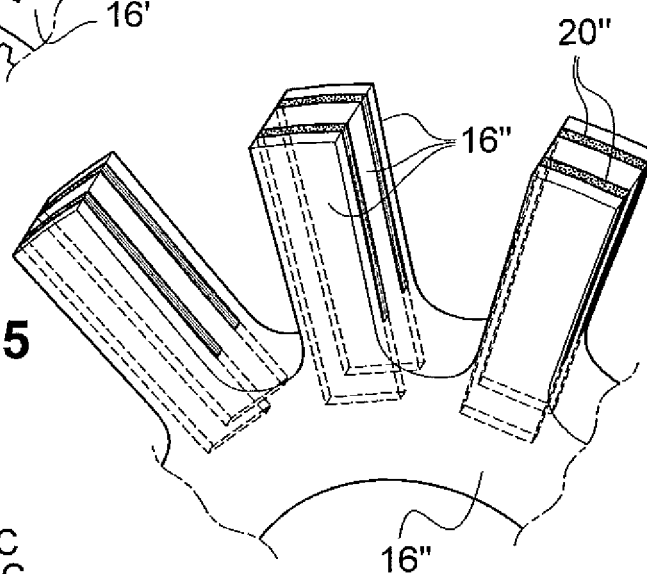
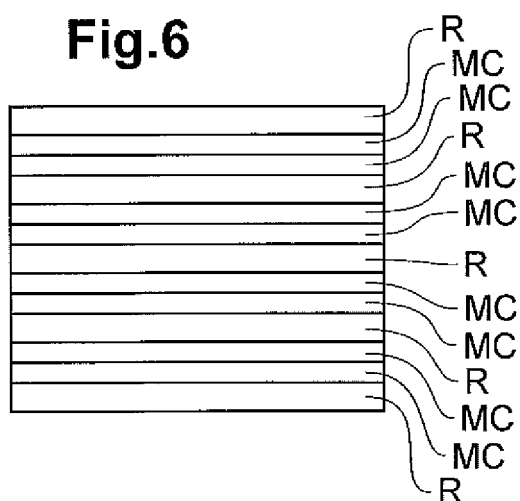
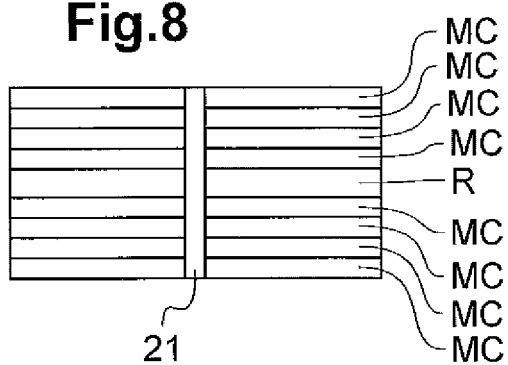
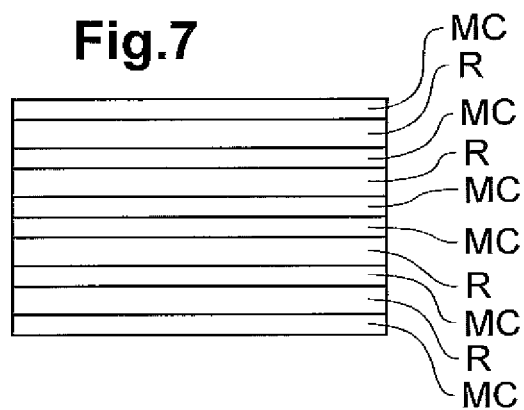
5 (ii) installer dans un moule la pluralité de pôles d'aimants (12, 12') et l'élément d'arbre (14, 14'), de sorte que la pluralité de pôles d'aimants soit disposée en périphérie de l'élément d'arbre,

(iii) installer dans le moule la pluralité d'éléments de renfort radial (20, 20', 20'') de sorte que lesdits éléments de renfort radial (20, 20', 20'') soient disposés radialement entre les pôles d'aimants et agencés symétriquement par rapport à l'axe du rotor et par rapport à
10 un plan médian radial du rotor,

(iv) surmouler un matériau composite comprenant une matrice polymère et des fibres disposées de façon aléatoire ou sans direction privilégiée, de sorte que :

- 15 - l'élément d'arbre (14, 14') et la pluralité de pôles d'aimants (12, 12') soient au moins partiellement noyés dans ledit matériau composite,
- chaque élément de renfort radial (20, 20', 20'') soit au moins partiellement noyé dans ledit matériau composite.

2/2

**Fig. 5****Fig. 6****Fig. 8****Fig. 7**



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 789542
FR 1361949

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 10 2008 050802 A1 (PRO DISKUS AG [CH]) 15 avril 2010 (2010-04-15)	1,2,5-7, 9	H02K1/27 H02K1/28
Y	* alinéas [0089], [0097], [0111],	8,10	
A	[0114], [0126], [0132], [0133]; revendication 1; figures 1-12 *	3,4	

Y,D	US 6 674 214 B1 (KNOERZER KARL-HEINZ [DE] ET AL) 6 janvier 2004 (2004-01-06)	8,10	
	* colonne 3, ligne 50 - colonne 4, ligne 29; figures 1-4 *		

A	US 2009/072639 A1 (SENEFF RICHARD LEX [US] ET AL) 19 mars 2009 (2009-03-19)	1-10	
	* alinéas [0032], [0045]; figures 1-4 *		

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 août 2014		Kugler, Daniel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1361949 FA 789542

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 **29-08-2014**

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
DE 102008050802 A1	15-04-2010	DE 102008050802 A1	15-04-2010
		EP 2332233 A1	15-06-2011
		WO 2010040536 A1	15-04-2010

US 6674214 B1	06-01-2004	AT 240004 T	15-05-2003
		AU 6257300 A	05-03-2001
		CA 2379037 A1	15-02-2001
		CN 1359555 A	17-07-2002
		DE 50002098 D1	12-06-2003
		DK 1203436 T3	26-05-2003
		EP 1203436 A1	08-05-2002
		ES 2197874 T3	16-01-2004
		JP 2003510993 A	18-03-2003
		MX PA02000728 A	14-07-2003
		PT 1203436 E	30-09-2003
		SI 1203436 T1	31-08-2003
		US 6674214 B1	06-01-2004
		WO 0111755 A1	15-02-2001

US 2009072639 A1	19-03-2009	US 2009072639 A1	19-03-2009
		WO 2009038714 A1	26-03-2009
