

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **2 996 378**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① N° d'enregistrement national : **12 02639**  
⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 K 1/30 (2017.01)**

①②

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ ROTOR POUR MACHINE ELECTRIQUE.

②② Date de dépôt : 03.10.12.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 04.04.14 Bulletin 14/14.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 25.05.18 Bulletin 18/21.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *RENAULT SAS Société par actions  
simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : VIGNON ANTOINE, CALEGARI  
LIONEL, CHALMETTE BRUNO, DESHARNAIS  
SEBASTIEN, FINE LIONEL et OUARAB FABRICE.

⑦③ Titulaire(s) : *RENAULT SAS Société par actions  
simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : *RENAULT S.A.S.*

FR 2 996 378 - B1



## DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale le domaine des machines électriques.

Elle concerne plus particulièrement un rotor pour machine électrique comportant un moyeu intérieur centré sur un axe de rotation, une couronne extérieure coaxiale et coplanaire avec le moyeu intérieur, une pluralité de pièces polaires disposées entre le moyeu intérieur et la couronne extérieure, et une pluralité de structures radiales qui s'étendent chacune depuis le moyeu intérieur vers la couronne extérieure, entre deux bords latéraux adjacents de deux pièces polaires voisines.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans la réalisation de machines électriques à flux magnétique axial, pour lesquelles il est nécessaire de réduire la taille et le nombre de pièces magnétiques et/ou conductrices en mouvement dans le flux magnétique.

## ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

On connaît notamment du document WO 2009/087376 un rotor pour machine électrique tel que précité.

Dans ce document, le rotor présente des structures radiales qui sont épaisses et longues. Ces structures radiales sont en particulier aussi épaisses et longues que les pièces polaires du rotor, si bien que des courants de Foucault importants se développent dans ces structures radiales, du fait de leur mouvement dans le flux magnétique de la machine électrique.

Ces courants de Foucault induisent des pertes dans le rotor si bien que le rendement de la machine électrique s'en trouve diminué.

En outre, les courants de Foucault ainsi générés provoquent l'échauffement des structures radiales qui peuvent élever, par conduction, la température des pièces polaires, au risque alors que ces dernières se démagnétisent.

## OBJET DE L'INVENTION

Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose un rotor pour machine électrique dans lequel les courants de Foucault sont limités et qui présente un rendement amélioré.

Plus particulièrement, on propose selon l'invention un rotor pour machine électrique tel que spécifié en introduction, dans lequel chaque structure radiale présente une épaisseur, selon ledit axe de rotation, et / ou une longueur, selon un rayon perpendiculaire audit axe de rotation, qui est strictement inférieure à la dimension correspondante des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires voisines de ladite structure radiale.

Ainsi, en limitant l'épaisseur et / ou la longueur des structures radiales, on obtient des structures radiales moins volumineuses dans lesquelles le développement des courants de Foucault est réduit. Ceci permet de diminuer les pertes de couple lors de la rotation du rotor autour de son axe et donc d'augmenter le rendement de la machine électrique équipée d'un tel rotor.

De plus, l'échauffement des structures radiales est plus faible et le risque de désaimantation des pièces polaires est diminué.

D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses du rotor conforme à l'invention sont les suivantes :

- ladite pluralité de structures radiales et ladite pluralité de pièces polaires présentent chacune un plan moyen qui est perpendiculaire audit axe de rotation, lesdits deux plans moyens étant sensiblement confondus l'un avec l'autre ;
- chaque pièce polaire présente un bord intérieur et un bord extérieur qui sont respectivement en contact avec le moyeu intérieur et avec la couronne extérieure et l'épaisseur de chaque structure radiale est strictement inférieure à l'épaisseur des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires voisines, la longueur de chaque structure radiale étant supérieure ou égale à la longueur des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires voisines ;
- ladite couronne extérieure présente une épaisseur selon ledit axe de rotation qui est strictement inférieure à l'épaisseur des bords extérieurs desdites pièces polaires, et ladite couronne extérieure et ladite pluralité de pièces polaires présentent chacune un plan moyen qui est perpendiculaire audit axe de rotation, lesdits deux plans moyens étant sensiblement confondus l'un avec l'autre ;
- chaque pièce polaire s'interposant entre deux structures radiales voisines comprend des moyens de blocage qui coopèrent avec lesdites deux structures radiales voisines de manière à être immobilisée axialement suivant ledit axe de rotation et latéralement suivant un axe ortho-radial à l'une desdites deux

structures radiales voisines ;

- chaque structure radiale comporte au moins une tige et des moyens de fixation de chaque tige audit moyeu intérieur et à ladite couronne extérieure ;

- lesdites pièces polaires sont segmentées radialement et / ou ortho-radialement.

- chaque pièce polaire présente un bord intérieur et un bord extérieur qui sont respectivement situés en regard et à distance du moyeu intérieur et en contact avec la couronne extérieure, et la longueur de chaque structure radiale est strictement inférieure à la longueur des bords latéraux adjacents des deux pièces

10 polaires voisines ;

- chaque pièce polaire est composée d'une pluralité d'aimants segmentés identiques qui sont fixés les uns aux autres par collage, lesdites pièces polaires étant fixées audit moyeu intérieur, à ladite couronne extérieure et les unes aux autres par collage au moyen d'une colle structurelle ;

- la longueur de chaque structure radiale est sensiblement égale à la demi-longueur, selon un rayon perpendiculaire audit axe de rotation, de chaque aimant segmenté.

#### DESCRIPTION DÉTAILLÉE D'UN EXEMPLE DE RÉALISATION

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

Sur les dessins annexés :

- la figure 1 représente une vue schématique en perspective d'une machine électrique à flux axial et à double entrefer comportant un rotor selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 représente une vue schématique en perspective du rotor de la figure 1 ;

- la figure 3 représente une vue schématique éclatée du rotor de la figure 2 ;

- la figure 4 représentent des vues schématiques en coupe de variantes de réalisation des tiges du rotor de la figure 2 ;

- les figures 5 et 6 représentent des vues schématiques en coupe de deux variantes de réalisation du rotor de la figure 2 ;

- les figures 7 à 9 représentent des vues schématiques en perspective

de trois autres variantes de réalisation du rotor de la figure 2 ;

- les figures 10 à 12 représentent des vues schématiques, de face, de trois variantes de réalisation des pièces polaires ;

- la figure 13 est une vue schématique en perspective d'une variante de réalisation du rotor de la figure 2, conçu pour une machine électrique à flux radial.

Une machine électrique est conçue pour convertir de l'énergie électrique, par exemple fournie par un courant électrique, en énergie mécanique, et *vice versa*.

10 En particulier, une machine électrique tournante, utilisée comme moteur, transforme de l'énergie électrique fournie sous la forme d'un courant électrique, en une énergie mécanique de rotation d'une pièce autour d'un axe de rotation.

Une telle machine électrique comporte classiquement un stator et un rotor.

15 Le stator est fixé sur le châssis de la machine électrique. Il comprend généralement des pièces polaires telles que des électro-aimants (par exemple des bobines d'induction).

Le rotor est monté rotatif sur le châssis, autour d'un axe de rotation. Il comprend également des pièces polaires telles que des aimants permanents.

20 Le rotor et le stator sont généralement coaxiaux selon l'axe de rotation. Le rotor et le stator sont ainsi montés l'un en face de l'autre et séparés par un espace d'air appelé entrefer. Cet entrefer permet de maintenir une distance minimale entre le rotor et le stator afin que les pièces polaires du stator et les pièces polaires du rotor ne s'accolent les unes aux autres à cause de l'attraction magnétique.

25 L'interaction magnétique entre les pièces polaires du stator et du rotor produit un couple électromécanique qui provoque la rotation du rotor autour de son axe de rotation.

On a représenté sur les figures 1 à 13 un mode de réalisation d'un rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130 pour une telle machine électrique. Les figures 4 à 13 illustrent alors différentes variantes de réalisation du premier mode de réalisation du rotor.

Comme le montrent les figures 2 à 13, le rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130 est généralement une pièce sensiblement plane et discoïde.

Dans l'ensemble des modes de réalisation illustrés sur les figures, ce rotor comporte un moyeu intérieur 101 ; 111 ; 121 ; 131 qui est formé d'une pièce annulaire sensiblement plane, et qui présente une ouverture circulaire en son centre.

5 Cette ouverture circulaire permet le passage d'un arbre de transmission de la machine électrique monté rotatif autour d'un axe de rotation A1. Le moyeu intérieur 101 ; 111 ; 121 ; 131 comporte également des moyens de fixation de cet arbre de transmission. Il est ainsi centré sur l'axe de rotation A1.

10 Le rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130 comporte également une couronne extérieure 105 ; 115 ; 125 ; 135 qui est coaxiale et coplanaire avec le moyeu intérieur 101 ; 111 ; 121 ; 131.

Comme indiqué précédemment, le rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130 possède de plus une pluralité de pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 disposées entre le moyeu intérieur 101 ; 111 ; 121 ; 131 central et la couronne extérieure 105 ; 115 ; 125 ; 135 périphérique. Les pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 sont des éléments magnétiques tels que des électro-aimants ou des aimants permanents. Ces pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 présentent chacune un pôle Nord et un pôle Sud magnétique, les aimantations de ces pôles étant opposées.

20 Le rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130 comporte enfin une pluralité de structures radiales 104 ; 114 ; 124 ; 134 qui s'étendent chacune depuis le moyeu intérieur 101 ; 111 ; 121 ; 131 vers la couronne extérieure 105 ; 115 ; 125 ; 135.

25 Ces structures sont dites radiales car elles s'étendent dans une direction perpendiculaire à l'axe de rotation A1, selon un rayon du rotor 100 ; 110 ; 120 ; 130. Chaque structure radiale 104 ; 114 ; 124 ; 134 est située entre deux bords latéraux adjacents de deux pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 voisines.

30 Selon l'invention, chaque structure radiale 104 ; 114 ; 124 ; 134 présente une épaisseur (selon l'axe de rotation A1) qui est strictement inférieure à la dimension correspondante des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 voisines de ladite structure radiale 104 ; 114 ; 124 ; 134.

De cette manière, les courants de Foucault se développant dans ces

structures radiales sont limités.

Comme cela sera exposé plus en détail dans la suite, dans le premier mode de réalisation de l'invention, chaque structure radiale 104 ; 114 ; 124 ; 134 présente une épaisseur strictement inférieure à l'épaisseur des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires 102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332 voisines.

Sur les figures 1 à 13, on a représenté différentes variantes de réalisation du premier mode de réalisation du rotor 100.

Le rotor représenté sur chacune des figures 2 à 12 est prévu pour être installé dans une machine électrique à flux axial, tandis que le rotor représenté sur la figure 13 est prévu pour être installé dans une machine à flux radial.

On a représenté sur la figure 1 une telle machine électrique 1 à flux axial.

Cette machine électrique 1 comprend un premier stator 20A et un deuxième stator 20B identiques qui sont tous les deux plans et discoïdes. Ces deux stators 20A, 20B présentent des formes et des dimensions identiques, avec une ouverture circulaire 21A centrale, centrée sur l'axe de rotation A1.

Chaque stator 20A, 20B comprend une pluralité de pièces polaires 22A, 23A constituées d'électro-aimants, et un cerclage métallique 24 qui est fixé au châssis de la machine électrique 1 et qui permet de maintenir les pièces polaires 22A, 23A ensemble. Ainsi assemblées, les pièces polaires 22A, 23A forment une couronne délimitée, d'une part, par l'ouverture circulaire 21A, et, d'autre part, par le cerclage métallique 24.

Chaque pièce polaire 22A, 23A présente alors la forme d'une section de cette couronne. Elles présentent chacune deux faces planes et perpendiculaires à l'axe de rotation A1, deux bords rectilignes et radial par rapport à l'axe de rotation A1, et deux bords en arcs-de-cercles concentriques.

Les pièces polaires 22A, 23A sont aimantées de telle sorte qu'ici, elles présentent respectivement une face plane aimantée selon un pôle Nord, et une face plane opposée aimantée selon un pôle Sud.

Ces pièces polaires 22A, 23A sont positionnées dans le stator 20A de manière alternée, en ce sens que, sur chaque face du stator, les pôles de deux pièces polaires 22A, 23A voisines sont alternés.

Les faces planes tournées vers l'extérieur des pièces polaires 22A seront alors aimantées selon un pôle Sud tandis que les faces planes tournées vers

l'extérieur des pièces polaires 23A seront alors aimantées selon un pôle Nord.

Le premier stator 20A et le deuxième stator 20B sont par ailleurs agencés l'un par rapport à l'autre de telle manière que leurs pièces polaires soient situées en regard les unes des autres et que les faces planes intérieures des  
5 pièces polaires en regard présentent des polarités identiques.

Comme représenté sur la figure 1, le rotor 100 utilisé dans cette machine électrique 1 est disposé entre le premier stator 20A et le deuxième stator 20B, de telle sorte qu'il soit centré sur le même axe de rotation A1 que les deux  
10 stators 20A, 20B.

Comme le montrent les figures 2 et 3, le moyeu intérieur 101 de ce rotor 100 est de forme circulaire et est centré sur l'axe de rotation A1.

Ce moyeu intérieur 101 est réalisé de préférence en acier amagnétique afin de réduire la formation de courants de Foucault et de limiter les pertes  
15 d'énergie dans la machine électrique 1.

En variante, le moyeu intérieur pourrait être réalisé en acier inoxydable, en aluminium, ou en matériaux composites.

Les structures radiales 104 du rotor 100 sont quant à elles réalisées de telle manière qu'elles s'étendent depuis le moyeu intérieur 101 jusqu'à la couronne extérieure 105 du rotor 100.

20 Les structures radiales 104 sont ici toutes identiques et sont chacune formées d'une tige rectiligne positionnées selon un rayon du rotor 100.

Ces tiges 104 ont ici une section circulaire et sont de préférence creuses afin de réduire leur masse et également de limiter les risques de conduction de courants parasites (dans le cas de tiges métalliques).

25 En variante, comme le montre la figure 4, on pourrait prévoir que les tiges 104 présentent des sections de formes différentes, par exemple circulaires pleines, carrées, en losange ou en I.

Quoi qu'il en soit, ces tiges 104 sont choisies de manière à présenter une épaisseur (selon l'axe de rotation A1) qui est inférieure à l'épaisseur du moyeu  
30 intérieur 101.

Les tiges 104 sont ici réalisées en acier amagnétique. En variante, les tiges 104 pourraient par exemple être réalisées en acier inoxydable, en aluminium, ou en matériaux composites. De manière générale, il n'est pas nécessaire que les tiges 104 soient réalisées dans le même matériau que le moyeu intérieur 101.

Le moyeu intérieur 101 comprend des moyens de fixation de chaque tige 104. Les tiges 104 sont ainsi ici fixées au moyeu intérieur 101 par frettage, les tiges 104 étant enfichées en force dans des ouvertures prévues en correspondance dans le moyeu intérieur 101.

5 En variante, d'autres moyens de fixation des tiges au moyeu intérieur pourraient être utilisés, notamment des moyens de vissage, collage, ou soudage. Les tiges pourraient également être simplement enfichées dans le moyeu intérieur et tenues par la couronne extérieure.

10 En variante encore, les tiges pourraient par exemple faire partie intégrante du moyeu intérieur et pourraient ainsi être formées d'une seule pièce avec celui-ci.

La longueur des tiges 104 (mesurée radialement par rapport à l'axe de rotation A1) est ici telle qu'elles dépassent légèrement de la couronne extérieure 105.

15 Comme représentées sur les figures 2 et 3, les pièces polaires 102, 103 du rotor 100 sont ici de même forme et de dimensions sensiblement identiques à celles des pièces polaires 22A, 23A des deux stators 20A, 20B.

20 Les pièces polaires 102, 103 sont donc peu épaisses, et forment des sections d'une même couronne. Elles présentent ainsi respectivement une face supérieure 102A, 103A et une face inférieure 102B, 103B (voir figure 3) planes qui s'étendent perpendiculairement à l'axe de rotation A1.

25 Chaque pièce polaire 102, 103 présente quatre bords dont deux bords latéraux 102C, 102D, 103C, 103D rectilignes, situés dans des plans passant par l'axe de rotation A1, et deux bords intérieur 102E, 103E et extérieur 102F, 103F qui sont en arcs-de-cercles concentriques.

Les pièces polaires 102, 103 présentent ici une épaisseur (selon l'axe de rotation A1) égale à l'épaisseur du moyeu intérieur 101. Les pièces polaires 102, 103 sont donc plus épaisses que les tiges 104.

30 Le bord intérieur 102E, 103E et le bord extérieur 102F, 103F des pièces polaires 102, 103 sont respectivement en contact avec le moyeu intérieur 101 et avec la couronne extérieure 105.

Les pièces polaires 102, 103 sont magnétiques et formées d'aimants permanents en néodyme-fer-bore (NdFeB). En variante, les pièces polaires pourraient par exemple être formées d'aimants composés d'alliages d'aluminium-

nickel-cobalt (AlNiCo, ou « Alnico »), d'alliages de samarium-cobalt (SmCo), ou d'aimants en ferrite.

Les pièces polaires 102, 103 sont aimantées de telle sorte que leurs faces supérieures 102A, 103A et leurs faces inférieures 102B, 103B présentent  
5 des polarités opposées.

Les pièces polaires 102, 103 sont situées de manière alternée dans le rotor 100. Ainsi, une pièce polaire 102 sur deux présente un pôle Nord orienté vers le premier stator 20A, tandis que le pôle Nord des autres pièces polaires 103 est orienté vers le deuxième stator 20B.

10 Sur la vue éclatée du rotor 100 de la figure 3, on observe que les pièces polaires 102, 103 du rotor 100 présentent des rainures 102G, 102H, 103G, 103H réalisées en creux dans leurs bords latéraux 102C, 102D, 103C, 103D, à égale distance de leurs faces supérieures 102A, 103A et de leurs faces inférieures 102B, 103B.

15 Ces rainures 102G, 102H, 103G, 103H, qui s'étendent radialement sur toute la longueur des bords latéraux 102C, 102D, 103C, 103D des pièces polaires 102, 103, présentent des formes complémentaires de celles des tiges 104.

Ces rainures 102G, 102H, 103G, 103H forment des moyens de blocage  
20 qui coopèrent avec les deux tiges 104 voisines pour immobiliser les pièces polaires 102, 103 axialement suivant l'axe de rotation A1 et latéralement suivant un axe ortho-radial à l'une des deux tiges 104 voisines.

On entend ici qu'un axe est ortho-radial lorsqu'il est, d'une part, contenu dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation A1, et, d'autre part,  
25 perpendiculaire à l'une des tiges 104 rectilignes.

Les tiges 104 permettent ainsi de fixer les pièces polaires 102, 103, celles-ci s'enchâssant sur celles-là.

Les tiges 104 assurent alors une tenue des pièces polaires 102, 103 contre deux efforts tendant à déformer le rotor 100 :

- 30
- l'effort de torsion dû au couple transmis par le rotor 100 à l'arbre de rotation de la machine électrique 1, et
  - l'effort d'attraction selon l'axe de rotation A1 dû à l'attraction entre les pièces polaires des stators 20A, 20B et du rotor 100.

Ainsi agencées et assemblées, la pluralité de tiges 104 et la pluralité de

pièces polaires 102, 103 présentent chacune un plan moyen qui est perpendiculaire à l'axe de rotation A1, ces deux plans moyens étant sensiblement confondus l'un avec l'autre.

Les tiges 104, de par leur faible épaisseur, sont en particulier situées loin  
5 des entrefers de la machine électrique 1 et donc des harmoniques de champ magnétique susceptibles d'induire des courants parasites de Foucault dans le rotor 100.

Dans le plan moyen des aimants 102, 103, là où sont également positionnées les tiges 104, les champs magnétiques sont essentiellement continus  
10 et n'induisent peu ou pas de courants de Foucault.

La couronne extérieure 105 du rotor 100 est placée à la périphérie du rotor 100, de manière à entourer les pièces polaires 102, 103.

Elle assure ainsi la tenue des pièces polaires 102, 103 contre le moyeu intérieur 101, face aux efforts centrifuges tendant à les éjecter vers l'extérieur du  
15 rotor 100.

La couronne extérieure 105 présente une épaisseur (selon l'axe de rotation A1) qui est inférieure à l'épaisseur des bords extérieurs 102H, 103H des pièces polaires 102, 103.

Elle est de préférence réalisée en matériaux composites, à base par  
20 exemple de fibre de carbone. En variante, la couronne extérieure pourrait être réalisée à base de Kevlar® ou de fibre de verre. Les matériaux composites sont en effet peu conducteurs et ne génèrent donc que peu de pertes électromagnétiques supplémentaires dans le rotor 100. De plus, les matériaux composites sont résistants mécaniquement, légers et sont facilement applicables sur le rotor 100.

La couronne extérieure 105 est ici formée à la périphérie du rotor 100 par  
25 enroulement de fibres de carbone autour des pièces polaires 102, 103 avant de les imprégner d'une résine servant de liant et de rigidifier l'ensemble lors d'une mise en autoclave pour la polymérisation de la résine. La quantité de matériau composite requise est très faible et le surcoût par rapport à une couronne  
30 extérieure métallique est faible.

En variante encore, la couronne extérieure pourrait être réalisée en matériau métallique, par exemple en aluminium, en acier inoxydable ou en acier amagnétique. Dans ce cas, la couronne extérieure pourrait être fixée autour des pièces polaires par soudage d'un ruban autour du rotor ou par découpage dans un

cylindre de tôle monté à chaud sur le rotor froid.

Quoi qu'il en soit, la couronne extérieure est montée autour des pièces polaires 102, 103 de telle manière qu'elle présente de préférence un plan moyen qui est perpendiculaire à l'axe de rotation et qui est confondu avec le plan moyen  
5 des pièces polaires. Ainsi, la couronne extérieure est située au niveau de la section médiane des aimants, si bien que peu de courants parasites sont induits dans cette couronne extérieure par des champs magnétiques variables (lorsqu'elle est réalisée en matériau conducteur).

Dans d'autres variantes de réalisation, la couronne extérieure pourrait  
10 être formée d'une tôle enroulée autour des pièces polaires et pourrait présenter des ouvertures destinées à laisser dépasser les tiges, celles-ci pouvant être solidarisées à la couronne extérieure par frettage, soudage, collage, poinçonnage, sertissage, ou au moyen d'écrous ou de tenons.

Dans une autre variante de réalisation du rotor représentée sur la  
15 figure 5, les pièces polaires 102, 103 sont agencées de manière à former un réseau de Halbach.

Dans cette configuration, les pièces polaires 102, 103 présentent une section ortho-radiale de forme triangulaire avec des bords latéraux 102C, 102D, 103C, 103D inclinés. Ces bords latéraux 102C, 102D, 103C, 103D comprennent  
20 également des rainures de formes identiques aux rainures 102G, 102H, 103G, 103H des pièces polaires 102, 103 du rotor 100 représenté sur la figure 3.

Les pièces polaires 102, 103 sont ainsi disposées en quinconce dans le réseau de Halbach.

Dans ce type de réseau, les aimantations des différentes pièces  
25 polaires 102, 103 sont orientées telles que représentées sur la figure 5 par des flèches orientées.

Cette disposition des pièces polaires 102, 103 dans le rotor 100 présente l'avantage de ne pas requérir de deuxième stator. En effet, cette disposition selon un réseau de Halbach assure le rebouclage des champs magnétiques au niveau  
30 du rotor 100.

Encore dans une autre variante de réalisation du rotor représentée sur la figure 6, les structures radiales peuvent comporter chacune deux tiges rectilignes 104 superposées l'une au-dessus de l'autre suivant l'axe de rotation A1. Dans cette variante, les pièces polaires 102, 103 présentent alors deux rainures le long

de leurs bords latéraux qui coopèrent avec les deux tiges. L'épaisseur des structures radiales, égale ici au double du diamètre de chaque tige, est inférieure à l'épaisseur des bords latéraux des pièces polaires. De plus, les structures radiales et les pièces polaires présentent chacune un plan moyen qui est  
5 perpendiculaire à l'axe de rotation, les deux plans moyens étant sensiblement confondus l'un avec l'autre.

On a représenté sur les figures 7 et 8 deux autres variantes de réalisation du rotor 110 ; 120, dans lesquelles les pièces polaires 112, 113 ; 122, 123 sont segmentées radialement et / ou ortho-radialement.

10 La segmentation des pièces polaires est généralement souhaitable parce qu'elle permet de réduire les courants de Foucault (courants parasites) dans les pièces polaires.

De plus, grâce à la structure des rotors 110, 120, 130, la segmentation des pièces polaires ne dégrade pas la tenue mécanique de l'ensemble du  
15 rotor 110, 120, 130.

Ainsi, sur la figure 7, on a représenté une vue éclatée d'un rotor 110 pouvant entrer dans la construction de la machine électrique 1 de la figure 1. Ce rotor 110, comme le rotor 100 de la figure 2, comporte un moyeu intérieur 111, une couronne extérieure 115, des tiges 114 et des pièces polaires 112, 113.

20 Selon cette variante, les pièces polaires 112, 113 sont segmentées radialement, le long d'un rayon du rotor 110.

Comme représenté sur la figure 7, chaque pièce polaire 112, 113 est ainsi formée de quatre aimants permanents 1121, 1122, 1123, 1124 en forme de segments annulaires concentriques, de sorte qu'une fois accolés les uns aux  
25 autres, ils forment une pièce polaire semblable à la pièce polaire 102 du rotor 100 de la figure 2.

Chaque aimant permanent 1121, 1122, 1123, 1124 présente ainsi une rainure sur chacun de ses deux bords latéraux qui coopèrent avec les tiges 114 pour son immobilisation axiale et ortho-radiale.

30 Les aimants permanents 1121, 1122, 1123, 1124 formant chaque pièce polaire présentent une aimantation identique de sorte que cette pièce polaire présente une polarité uniforme sur chacune de ses faces supérieure et inférieure.

Sur la figure 8, le rotor 120 comporte également un moyeu intérieur 121,

une couronne extérieure 125 et des tiges 124 identiques à ceux des rotors 100, 110 représentés sur les figures 2 et 7.

Selon cette variante, le rotor 120 comporte des pièces polaires 122, 123 qui sont segmentées ortho-radialement.

5 La pièce polaire 122 est ainsi formée de trois aimants permanents 1221, 1222, 1223 de même longueur, chacune allongée selon un rayon du rotor 120.

Le premier aimant 1221 présente, d'un côté, un bord latéral comprenant une rainure 1221A de forme complémentaire à la tige 124 située face à ce bord latéral et, d'un autre côté, un autre bord latéral opposé comprenant nervure 1221B  
10 en saillie.

De la même manière, le deuxième aimant 1222 présente, d'un côté, un bord latéral comprenant une rainure 1222A de forme complémentaire à celle de la nervure 1221B du premier aimant 1221 et, d'un autre côté, un autre bord latéral opposé comprenant une autre rainure 1222B.

15 Enfin, le troisième aimant 1223 présente, d'un côté, un bord latéral comprenant une nervure 1223A de forme complémentaire de celle de la rainure 1222B du deuxième aimant 1222 pour s'y insérer et, d'un autre côté, un autre bord latéral opposé comprenant une autre rainure 1223B permettant d'enchâsser le troisième aimant sur la tige 124 située face au bord latéral opposé  
20 du troisième aimant 1223.

Ainsi formés, les premier, deuxième et troisième aimants 1221, 1222, 1223 s'emboîtent les uns aux autres et se positionnent par rapport aux tiges 124.

Sur la figure 9, on a représenté une autre variante de réalisation du rotor 130, qui comporte ici un moyeu intérieur 131, une couronne extérieure 135 et  
25 des tiges 134 identiques à ceux du rotor 100 de la figure 2.

Selon cette variante, le rotor 130 comporte également des pièces polaires 1321, 1322, 1331, 1332 qui sont identiques à celles du rotor 100 représenté sur la figure 2.

Les pièces polaires 1321, 1322, 1331, 1332 sont en revanche disposées  
30 de manière différente puisqu'elles sont regroupées par paires 132 de polarités orientées de manière identique.

Ainsi, chaque paire 132 de pièces polaires 1321, 1322 présente son pôle Nord orienté d'un côté du premier stator, tandis que les deux paires de pièces polaires voisines présentent des pôles Nord orientés de l'autre côté du second

stator.

On a représenté sur les figures 10 à 12, trois variantes de réalisation des pièces polaires 200, 210, 220, pouvant être utilisées dans le rotor 100 représenté sur la figure 2.

5 Ces pièces polaires 200, 210, 220 comportent en particulier des cadres 201, 211, 221 dans lesquels est logée une pluralité d'aimants segmentés 202, 212, 222.

Les cadres 201, 211, 221 peuvent être en métal comme de l'aluminium ou de l'inox, en plastique ou en matériau composite.

10 Comme les pièces polaires 102, 103 du rotor 100, ces cadres 201, 211, 221 comprennent deux bords latéraux opposés présentant des rainures dont les dimensions et les formes permettent d'enchâsser les pièces polaires 200, 210, 220 le long des tiges 104.

Le remplissage de chaque cadre 201, 211, 221 pourra se faire au moyen  
15 d'aimants segmentés : avec des aimants parallélépipédiques 202 (voir figure 10), avec des aimants allongés 212, 222 répartis parallèlement les uns aux autres (voir figure 11), ou avec des aimants allongés 221, 222 répartis en V les uns par rapport aux autres, de part et d'autre d'un aimant prismatique (voir figure 12).

La disposition et la taille des aimants segmentés 202, 212, 222 sont  
20 choisies de telle sorte que le volume à l'intérieur des cadres 200, 210, 220 soit rempli de manière optimale.

La tenue des aimants segmentés 202, 212, 222 à l'intérieur des  
cadres 200, 210, 220 est réalisée par collage des aimants segmentés 202, 212, 222 les uns aux autres et aux bords intérieurs des cadres 200, 210, 220,  
25 l'ensemble étant également encapsulé au moyen d'une résine ou d'un plastique.

On a représenté sur la figure 13 une variante de réalisation du rotor 140 pour la réalisation d'une machine électrique à flux radial.

Dans ce type de machine électrique, le stator, de forme annulaire, est  
disposé à la périphérie du rotor 140 pour l'entourer. Les pièces polaires du stator  
30 présentent des aimantations orientées selon des rayons perpendiculaires à l'axe de rotation A1.

Dans cette variante, le rotor 140 présente une architecture similaire au rotor 100 représenté sur la figure 2. Néanmoins, il présente une épaisseur selon l'axe de rotation A1 plus importante de sorte que le rotor 140 a une forme

cylindrique de révolution autour de ce même axe de rotation A1.

Le rotor 140 comporte notamment :

- un premier moyeu intérieur 141A centré sur l'axe de rotation A1 et placé à l'une des extrémités du rotor 140, et
- 5 - une première couronne extérieure 145A coaxiale et coplanaire avec le premier moyeu intérieur 141A.

Le rotor 140 comprend également :

- un deuxième moyeu intérieur (non visible sur la figure 13), identique ici au premier moyeu intérieur 141A, qui est centré sur l'axe de rotation A1 et
- 10 placé à l'autre extrémité du rotor 140, et
- une deuxième couronne extérieure 145B, identique ici à la première couronne extérieure, qui est coaxiale et coplanaire avec le deuxième moyeu intérieur.

Le rotor 140 comprend enfin :

- 15 - une pluralité de pièces polaires 142, 143, qui sont allongées selon l'axe de rotation A1 et qui sont disposées, d'une part, entre le premier moyeu intérieur 141A et la première couronne extérieure 145A, et, d'autre part, entre le deuxième moyeu intérieur et la deuxième couronne extérieure 145B, et
- une pluralité de premières tiges 144A qui s'étendent chacune depuis
- 20 le premier moyeu intérieur 141A vers la première couronne extérieure 145A et une pluralité de deuxièmes tiges (non visible sur la figure 13), ici identiques aux premières tiges 144A, qui s'étendent chacune depuis le deuxième moyeu intérieur vers la première couronne extérieure 145B.

Les premières et deuxièmes tiges 144A s'interposent entre deux bords

25 latéraux adjacents de deux pièces polaires voisines 142, 143.

Les pièces polaires 142, 143 forment des sections d'une même couronne, cette couronne ayant un diamètre intérieur supérieur au diamètre des moyeux intérieurs 141A et un diamètre extérieur égal au diamètre des deux couronnes extérieures 145A, 145B.

30 Ainsi, le bord intérieur 142E, 143E des pièces polaires 142, 143 est espacé et en regard avec les deux moyeux intérieurs 141A.

Le bord extérieur 142F, 143F des pièces polaires 102, 103 est, quant à lui, en contact avec les deux couronnes extérieures 145A, 145B.

Chaque pièce polaire 142, 143 possède deux paires de rainures situées

près des deux extrémités de la pièce polaire 142, 143, les deux rainures de chaque paire étant réalisées sur les bords latéraux opposés de la pièce polaire 142, 143 à la même distance de l'extrémité correspondante.

5 Chaque rainure des deux paires de rainures présente une forme complémentaire de celle des premières et deuxièmes tiges 144A de sorte que les deux paires de rainures d'une pièce polaire 142, 143 coopèrent avec les premières et deuxièmes tiges 144A voisines de manière à immobiliser cette pièce polaire 142, 143 axialement et ortho-radialement.

10 On observera sur la figure 13 que l'épaisseur de chaque première tige 144A est strictement inférieure à l'épaisseur des bords latéraux adjacents des deux pièces polaires 142, 143 voisines de chaque première tige 144A.

Il en est de même pour les deuxièmes tiges puisque celles-ci sont identiques aux premières tiges 144A.

15 Le rotor 140 représenté sur la figure 13 entrant dans la construction d'une machine électrique à flux radial, les aimantations des pièces polaires 142, 143 sont différentes de celles des pièces polaires 102, 103 du rotor 100 représenté sur la figure 2.

20 En effet, l'aimantation des pièces polaires 142, 143 est ici radiale, c'est à dire orientée perpendiculairement aux bords intérieurs 142E, 143E et aux extérieurs 142F, 143F des pièces polaires 142, 143, de sorte que les bords intérieurs 142E, 143E et les bords extérieurs 142F, 143F présentent des polarités opposées.

25 Les pièces polaires 142, 143 sont situées de manière alternée dans le rotor 140. Ainsi, une pièce polaire 142 sur deux présente un pôle Nord orienté vers l'extérieur du rotor 140, en direction du stator, tandis qu'une autre pièce polaire 143 sur deux présente un pôle Sud orienté vers l'extérieur du rotor 140, en direction du stator.

## REVENDEICATIONS

1. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) pour machine électrique (1)  
5 comportant :
- un moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131) centré sur un axe de rotation (A1),
  - une couronne extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135) coaxiale et coplanaire avec ledit moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131),
  - 10 - une pluralité de pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) disposées entre ledit moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131) et ladite couronne extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135), et
  - une pluralité de structures radiales (104 ; 114 ; 124 ; 134) qui s'étendent chacune depuis ledit moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131) vers ladite  
15 couronne extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135), et qui s'interposent entre deux bords latéraux (102C, 102D, 103C, 103D) adjacents de deux pièces polaires voisines (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332), chaque structure radiale (104 ; 114 ; 124 ; 134) présentant une épaisseur, selon ledit axe de rotation (A1), qui est strictement inférieure à la dimension correspondante des  
20 bords latéraux (102C, 102D, 103C, 103D) adjacents des deux pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) voisines de ladite structure radiale (104 ; 114 ; 124 ; 134),  
caractérisée en ce que chaque pièce polaire (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) s'interposant entre deux structures radiales (104 ;  
25 114 ; 124 ; 134) voisines forme une section de couronne et comprend des moyens de blocage (102G, 102H, 103G, 103H) qui coopèrent avec lesdites deux structures radiales (104 ; 114 ; 124 ; 134) voisines de manière à être immobilisée axialement suivant ledit axe de rotation (A1) et latéralement suivant un axe ortho-radial à l'une desdites deux structures radiales (104 ; 114 ; 124 ; 134) voisines.
- 30 2. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) selon la revendication 1, dans lequel ladite pluralité de structures radiales (104 ; 114 ; 124 ; 134) et ladite pluralité de pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) présentent chacune un plan moyen qui est perpendiculaire audit axe de rotation (A1), lesdits deux plans moyens étant sensiblement confondus l'un avec

l'autre.

3. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel chaque pièce polaire (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) présente un bord intérieur (102E, 103E) et un bord extérieur (102F, 5 103F) qui sont respectivement en contact avec le moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131) et avec la couronne extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135), et dans lequel l'épaisseur de chaque structure radiale (104 ; 114 ; 124 ; 134) est strictement inférieure à l'épaisseur des bords latéraux (102C, 102D, 103C, 103D) adjacents des deux pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 10 1332) voisines, la longueur de chaque structure radiale (104 ; 114 ; 124 ; 134) étant supérieure ou égale à la longueur des bords latéraux (102C, 102D, 103C, 103D) adjacents des deux pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) voisines.

4. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) selon la revendication 3, dans lequel 15 ladite couronne extérieure présente une épaisseur selon ledit axe de rotation qui est strictement inférieure à l'épaisseur des bords extérieurs desdites pièces polaires, et dans lequel ladite couronne extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135) et ladite pluralité de pièces polaires présentent chacune un plan moyen qui est perpendiculaire audit axe de rotation, lesdits deux plans moyens étant 20 sensiblement confondus l'un avec l'autre.

5. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) selon l'une des revendications 3 et 4, dans lequel chaque structure radiale (104 ; 114 ; 124 ; 134) comporte au moins une tige (104 ; 114 ; 124 ; 134) et des moyens de fixation de chaque tige (104 ; 114 ; 124 ; 134) audit moyeu intérieur (101 ; 111 ; 121 ; 131) et à ladite couronne 25 extérieure (105 ; 115 ; 125 ; 135).

6. Rotor (100 ; 110 ; 120 ; 130) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel lesdites pièces polaires (102, 103 ; 112, 113 ; 122, 123 ; 1321, 1322, 1331, 1332) sont segmentées radialement et / ou ortho-radialement.

30

1/3

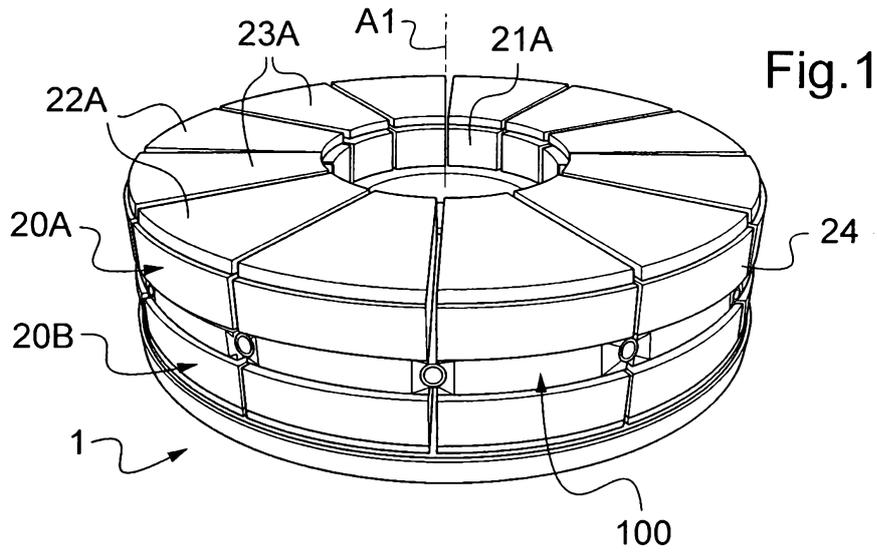


Fig. 1

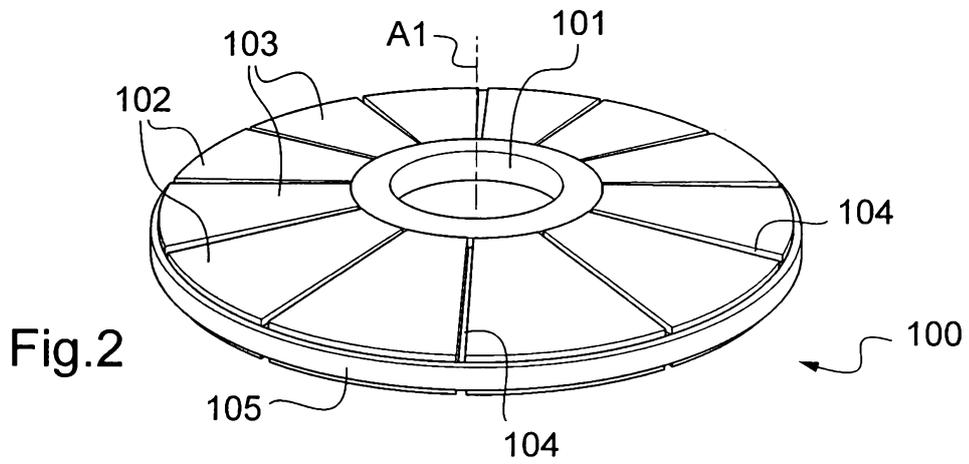


Fig. 2

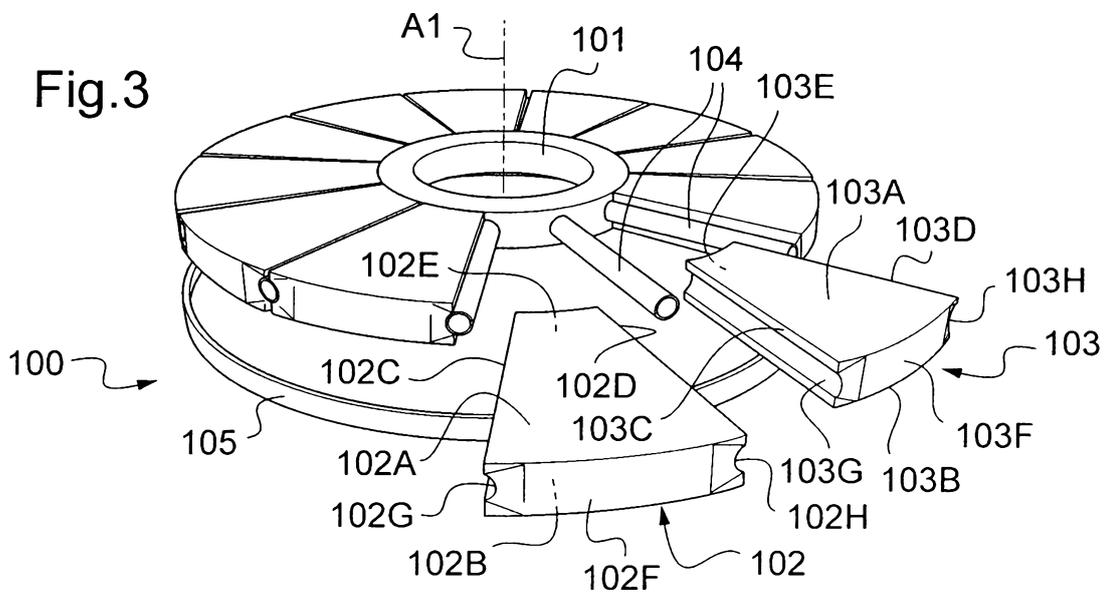


Fig. 3

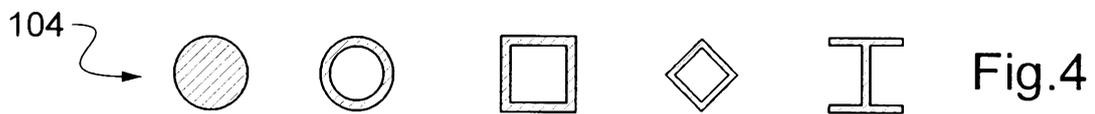
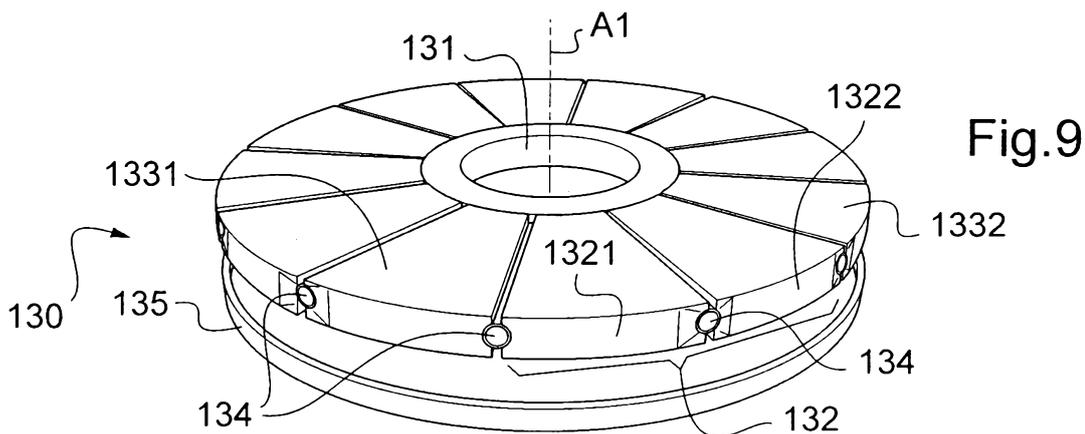
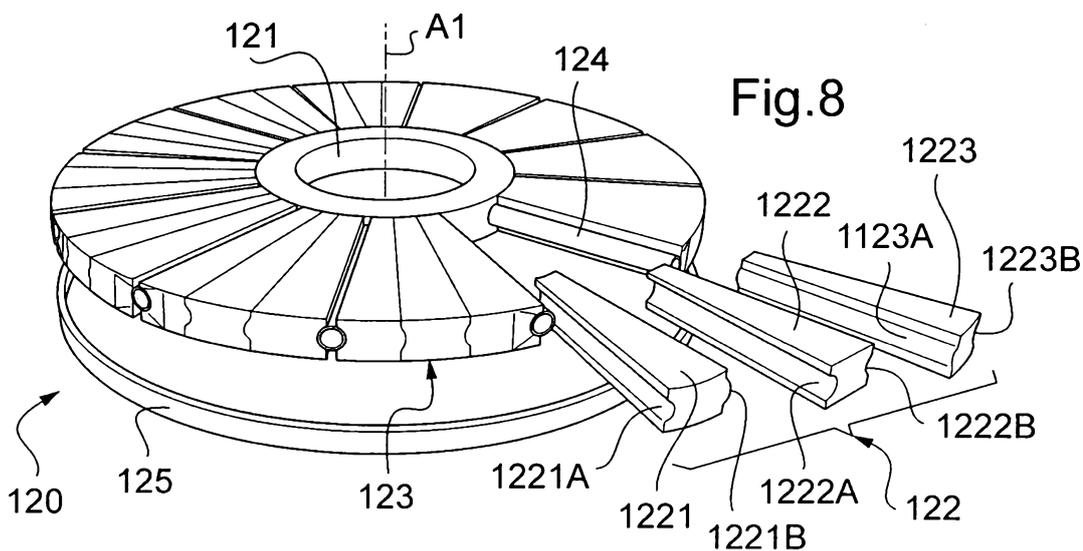
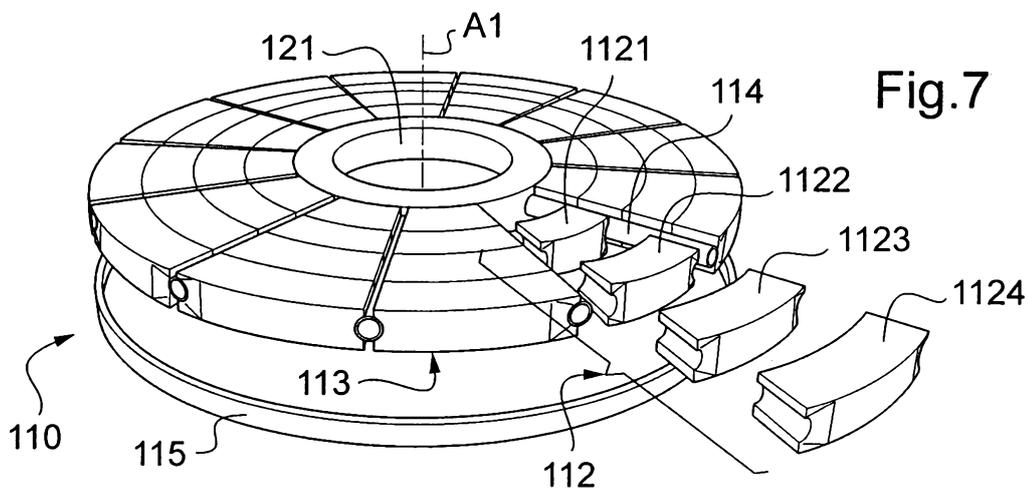
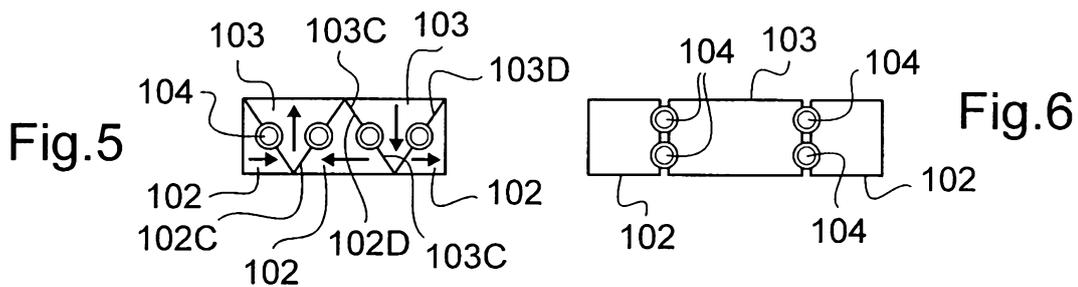


Fig. 4



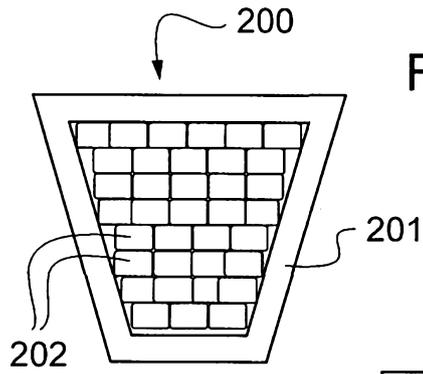


Fig. 10

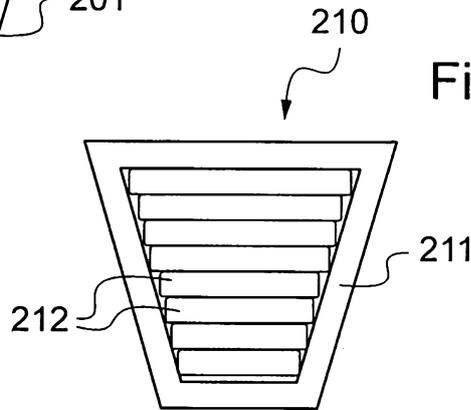


Fig. 11

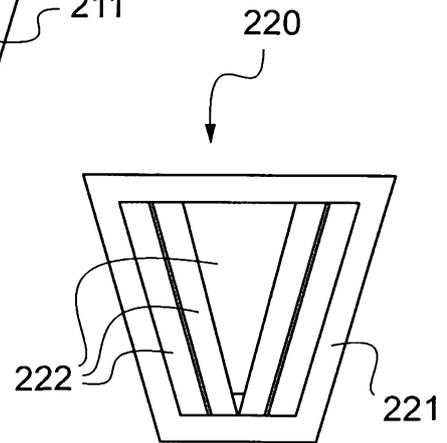


Fig. 12

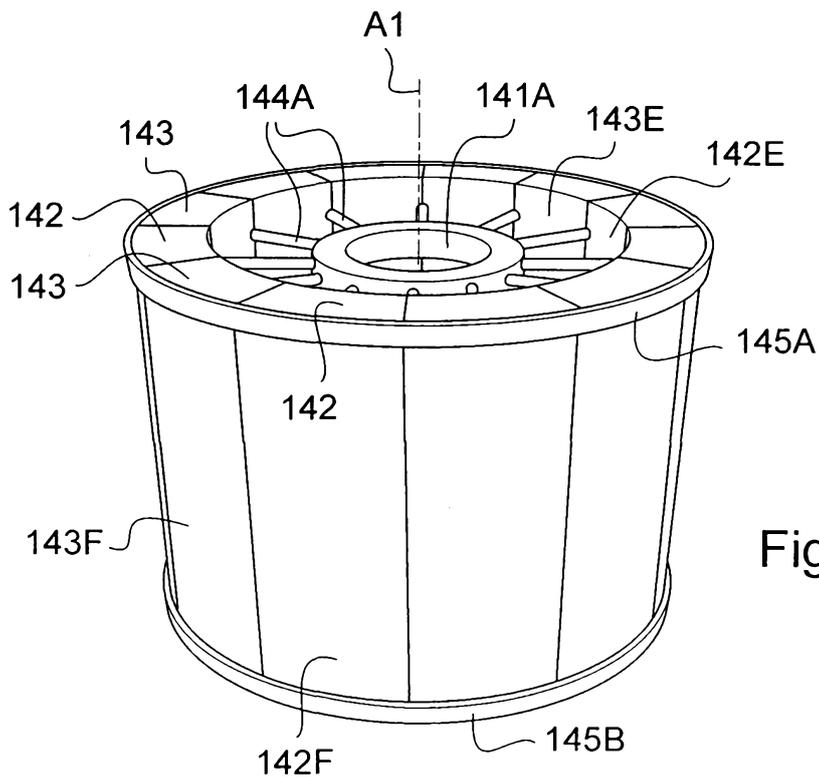


Fig. 13

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 2 161 815 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP])  
10 mars 2010 (2010-03-10)

EP 2 200 154 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP])  
23 juin 2010 (2010-06-23)

EP 2 605 372 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE])  
19 juin 2013 (2013-06-19)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

JP 2008 278648 A (DAIKIN IND LTD)  
13 novembre 2008 (2008-11-13)

JP 2010 220398 A (DAIKIN IND LTD)  
30 septembre 2010 (2010-09-30)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT