

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.03.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.09.24 Bulletin 24/38.

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) : NIDEC PSA EMOTORS SAS — FR.

72 Inventeur(s) : VANGRAEFSCHPE FRANCK.

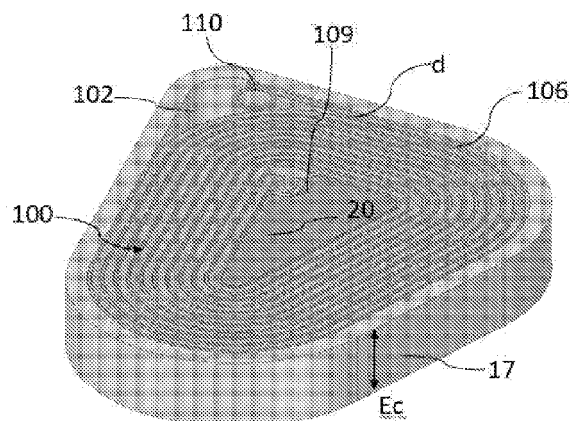
73 Titulaire(s) : NIDEC PSA EMOTORS SAS.

74 Mandataire(s) : PSA AUTOMOBILES SA.

54 Machine électrique tournante à flux axial.

57 Titre : Machine électrique tournante à flux axial
Machine (1) électrique tournante à flux axial, comportant
au moins un stator (2) et au moins un rotor (4), disposés le
long de l'axe de rotation (X), le stator (2) étant refroidi par
une circulation d'un fluide de refroidissement, le stator (2)
comportant au moins une dent (20) portant une bobine (100)
bobinée concentriquement autour de ladite dent (20), la bo-
bine (100) comportant au moins un fil (106) aplati enroulé
sur lui-même autour de la dent (20) correspondante en une
pluralité de couches, deux couches consécutives de fil apla-
ti (106) étant espacées d'une distance d non nulle, le stator
(2) comportant en outre au moins une coque (9) logeant au
moins une bobine (100) bobinée autour de ladite dent (20),
la machine (1) étant configurée pour permettre la circulation
du fluide de refroidissement entre les couches de fil (106)
dans la coque (9).

Figure pour l'abrégié : Fig. 5



Description

Titre de l'invention : Machine électrique tournante à flux axial

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des machines électriques tournantes, et plus particulièrement celui des machines électriques tournantes à flux axial. L'invention porte plus particulièrement sur les machines refroidies par une circulation d'un fluide de refroidissement, notamment de l'huile, circulant au moins partiellement par le stator de la machine.
- [0002] L'invention porte plus particulièrement sur les machines synchrones ou asynchrones, à courant alternatif. Elle concerne notamment les machines de traction ou de propulsion de véhicules automobiles électriques (Battery Electric Vehicle) et/ou hybrides (Hybrid Electric Vehicle – Plug-in Hybrid Electric Vehicle), telles que voitures individuelles, camionnettes, camions ou bus. L'invention s'applique également à des machines électriques tournantes pour des applications industrielles et/ou de production d'énergie, notamment navales, aéronautiques ou éoliennes.

Technique antérieure

- [0003] Par « flux axial », il faut comprendre que le flux magnétique circulant dans la machine est orienté dans l'entrefer ménagé entre le rotor et le stator selon une direction parallèle à un axe de rotation de la machine, par contraste avec une machine dite à flux radial, dans laquelle le flux magnétique circule entre le rotor et le stator selon une direction radiale, donc perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine.
- [0004] De telles machines présentent de nombreux avantages, notamment en termes de densité de couple. De plus, leurs topologies peuvent être variées : une configuration avec un ou plusieurs rotors et un ou plusieurs stators est nettement facilitée, par comparaison avec les machines électriques tournantes à flux radial.
- [0005] En ce qui concerne le refroidissement des machines électriques tournantes à flux axial, celui-ci est généralement effectué de manière indirecte, c'est-à-dire avec conduction thermique à l'intérieur de la matière. Ceci conduit à avoir plusieurs résistances thermiques entre le fluide de refroidissement et les pièces à refroidir, d'où une mauvaise utilisation du potentiel thermique, c'est-à-dire l'écart de température, entre source chaude et source froide. Pour augmenter la densité de puissance des moteurs, il existe un besoin pour améliorer l'efficacité du refroidissement.
- [0006] On connaît des machines à flux axial, par exemple par les demandes EP 3 108 574, EP 2 606 561, EP 3 764 526, EP 4 018 529, WO 2022/214146, WO 2022/123408 au sein desquelles le fluide de refroidissement circule entre des bobines, à la périphérie de celles-ci. Ainsi, dans ces machines, le passage du fluide de refroidissement est très

limité et les fils mêmes de la bobine sont peu en contact avec le fluide de refroidissement.

[0007] La demande internationale WO 2021/180267 porte sur une machine à flux axial au sein de laquelle le refroidissement se fait entre les dents et les bobines, avec une arrivée de liquide de refroidissement individuelle. La structure de la machine est complexe.

[0008] Il existe donc un besoin pour bénéficier d'une machine électrique tournante permettant d'augmenter la surface d'échange entre le fluide de refroidissement et les bobines, tout en ne complexifiant pas la structure de la machine.

Résumé de l'invention

[0009] L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, grâce à une machine électrique tournante à flux axial, comportant au moins un stator et au moins un rotor, disposés le long d'un axe de rotation X de la machine, le stator étant refroidi par une circulation d'un fluide de refroidissement,

le stator comportant une pluralité de dents, au moins une dent, voire chaque dent, portant une bobine bobinée concentriquement autour de ladite dent,

la bobine comportant au moins un fil aplati enroulé sur lui-même autour de la dent correspondante en une pluralité de couches, deux couches consécutives de fil aplati étant espacées d'une distance d non nulle,

le stator comportant au moins une coque, notamment une pluralité de coques, la coque, notamment chaque coque, logeant au moins une bobine bobinée autour de ladite dent,

la machine étant configurée pour permettre la circulation du fluide de refroidissement entre les couches de fil dans la coque.

[0010] Grâce à l'espacement entre les couches de fil, dans lequel circule le fluide de refroidissement, on peut obtenir un refroidissement direct des bobines du stator en valorisant une grande surface d'échange entre les fils du bobinage et le fluide de refroidissement. Le fluide peut suivre un chemin en escargot formé par le fil enroulé. Cela est rendu possible grâce à la forme aplatie des fils. En effet, lesdits fils aplatis peuvent permettre d'éviter les fuites ou les glissements entre les couches qui auraient lieu lors de l'utilisation de fils ronds, notamment de deux fils ronds juxtaposés l'un sur l'autre.

[0011] On entend par « refroidissement direct » le fait que le fluide de refroidissement de la machine vienne directement au contact des bobines, notamment du ou des fils de la bobine. Le refroidissement direct permet d'avoir une grande surface d'échange thermique. Le fluide étant directement au contact des bobines de ladite machine, cela permet d'éviter toute résistance thermique intermédiaire due aux conductions dans la matière et aux interfaces intermédiaires.

- [0012] Le fluide de refroidissement peut être un liquide, par exemple de l'eau ou de l'huile. Le fluide de refroidissement peut être de l'eau déionisée. En variante, le fluide de refroidissement peut être un gaz, par exemple de l'air. De préférence, le fluide n'est pas ionique.
- [0013] Par « disposés le long d'un axe de rotation de la machine », on entend que lorsque l'on se déplace le long de l'axe de rotation X de la machine, on rencontre successivement l'un du stator et du rotor, puis l'autre du stator et du rotor. Les stator(s) et rotor(s) de la machine sont ainsi disposés successivement le long de l'axe de rotation de la machine, et non pas disposés de manière concentrique, comme dans les machines à flux radial.
- [0014] Grâce à l'orientation axiale de la machine selon l'invention, l'encombrement de la machine peut être réduit et sa compacité améliorée. La surface de l'entrefer entre le rotor et le stator étant plus grande, on obtient une meilleure conversion électromécanique. En effet, la surface de l'entrefer est, dans le cas d'une machine à flux axial, faiblement liée à la longueur du stator et du rotor. La machine peut donc être moins volumineuse.

Exposé de l'invention

- [0015] La bobine concentrée peut comporter un fil conducteur aplati. On entend par 'fil aplati' un fil ayant une section transversale allongée, par exemple de forme rectangulaire ou sensiblement rectangulaire. Un rapport entre une plus grande dimension de la section transversale du fil et une plus grande dimension perpendiculaire à celle-ci, dite épaisseur e du fil, peut être strictement supérieur à 1, mieux supérieur à 1,5, voire supérieur à 2, étant par exemple de l'ordre de 5/2. Il est également possible d'utiliser des fils aplatis dont le rapport entre la plus grande dimension de la section transversale du fil et une plus grande dimension perpendiculaire à celle-ci, peut être supérieure à 3, mieux supérieure à 3,5, voire supérieure à 4, étant par exemple de l'ordre de 5.
- [0016] Le ou les fils peuvent être en cuivre. En variante, les fils peuvent être en aluminium. Ils peuvent être émaillés. En variante, le ou les fils peuvent ne pas être émaillés, mais recouverts d'un isolant non émaillé.
- [0017] Le fil aplati peut être bobiné autour de la dent correspondante en étant courbé parallèlement à la plus grande dimension de la section transversale du fil. Dans un mode de réalisation, le fil aplati est bobiné autour de la dent correspondante sans être courbé autour de l'épaisseur de la section transversale du fil. Avantageusement, une telle configuration permet d'obtenir un rayon de courbure du fil plus petit, le fil pouvant être ainsi plus courbé autour de la dent.
- [0018] Deux couches consécutives de fil aplati peuvent être espacées d'une distance d comprise entre 0,05 mm et 1 mm, de préférence entre 0,08 mm et 0,9 mm, mieux entre

0,1 mm et 0,5 mm.

- [0019] Un rapport d/e entre la distance d et l'épaisseur e du fil peut être compris entre 0,02 et 0,5, de préférence entre 0,05 et 0,4, mieux entre 0,1 et 0,3.
- [0020] On entend par « deux couches consécutives de fil » deux couches d'un même fil. Le fil peut être enroulé sur lui-même autour de la dent le long d'un axe axial de la dent. L'axe axial de la dent s'étend parallèlement à l'axe de rotation X de la machine.
- [0021] Lorsque la bobine comporte plusieurs fils, les fils peuvent être empilés les uns sur les autres le long de l'axe axial de la dent.
- [0022] Un fil est enroulé sur lui-même parallèlement à sa plus grande dimension de la section transversale dudit fil.
- [0023] Deux couches consécutives de fil aplati peuvent être espacées entre elles par un organe d'écartement, comportant notamment une pluralité de pastilles disposées entre les couches de fil.
- [0024] L'organe d'écartement peut être fixé de manière amovible ou non au fil ou à la coque. En variante, il peut être d'un seul tenant avec le fil ou la coque.
- [0025] L'organe d'écartement peut comporter une pluralité de barrettes ou de pastilles, lesquelles peuvent être disposées entre les couches de fil.
- [0026] Une barrette peut être de forme parallélépipédique. Elle peut être beaucoup plus longue que large. Elle peut ainsi définir des grandes faces et des petites faces. Elle peut s'étendre depuis une face de la coque correspondante entre les couches de fil, notamment perpendiculairement au sens d'élongation du fil. En variante, la barrette peut s'étendre parallèlement au sens d'élongation du fil. Elle peut être fixée à la coque par une petite face. En variante, elle peut être fixée au fil, par exemple par une grande face. Elle peut être placée sur le fil perpendiculairement au sens d'élongation du fil. En variante, elle peut être placée sur le fil parallèlement au sens d'élongation du fil.
- [0027] Une pastille peut être sensiblement aussi longue que large. Elle peut être de forme circulaire ou de toute autre forme, par exemple de forme rectangulaire. Elle peut être fixée à la coque. En variante, elle peut être fixée au fil.
- [0028] L'organe d'écartement, pouvant comporter une pluralité de barrettes ou de pastilles, peut être disposé, notamment par collage, sur une face du fil, notamment sur la plus grande dimension de la section transversale dudit fil.
- [0029] Une pastille peut être fixée, par exemple collée, sur la plus grande dimension de la section transversale du fil. Elle peut être d'épaisseur plus petite que la plus grande dimension de la section transversale du fil. En variante elle peut être d'épaisseur égale ou plus large que la plus grande dimension transversale du fil.
- [0030] Une pastille, notamment toutes les pastilles, ou une barrette, notamment toutes les barrettes, peuvent avoir une épaisseur E_a comprise entre 0,01 mm et 0,9 mm, de préférence entre 0,05 et 0,7 mm, mieux entre 0,1 mm et 0,5 mm, notamment d'environ

0,2 mm.

- [0031] Les pastilles ou barrettes peuvent notamment être positionnées sur des parties courbées du fil. En variante, elles peuvent être positionnées sur des parties rectilignes du fil. Elles peuvent également être positionnées sur des parties courbées et des parties rectilignes du fil.
- [0032] Elles peuvent être disposées sur un fil donné à intervalles réguliers ou non. Plusieurs pastilles de forme différentes peuvent être disposées sur un même fil, suivant un motif régulier ou aléatoire. Un intervalle entre deux pastilles consécutives sur un fil donné peut être d'une distance D non nulle. Elles peuvent être également réparties à différentes hauteurs du fil.
- [0033] Les pastilles ou barrettes peuvent avantageusement, outre leur fonction d'écartement, jouer le rôle de perturbateur d'écoulement. En effet, elles peuvent permettre de générer des vortex locaux, et favoriser ainsi le refroidissement des bobines. Cela permet d'augmenter les zones de turbulences et de créer des perturbations, améliorant l'écoulement du fluide notamment en générant des vortex locaux.
- [0034] L'organe d'écartement peut comporter des pastilles composées d'un matériau minéral, notamment en verre ou en céramique. En variante, les pastilles peuvent être composées d'un matériau organique, notamment polymère. De préférence, ce matériau polymère peut supporter des températures de l'ordre de 200 à 250°C.
- [0035] Une coque peut loger une unique dent. En variante la coque peut loger une pluralité de dents, notamment deux dents. Dans un mode de réalisation, la coque peut loger l'ensemble des dents du stator.
- [0036] La coque peut comporter des cloisons internes, notamment au moins une cloison interne. En variante, la coque peut comporter plus de deux cloisons internes. La coque peut comporter autant de cloisons internes que de dents. Chaque dent peut être séparée des autres dents par deux cloisons s'étendant de part et d'autre de ladite dent.
- [0037] Selon ce mode de réalisation, la coque peut apporter de la rigidité au stator. De plus, ce mode de réalisation permet un assemblage plus facile de la machine.
- [0038] La coque peut comporter une paroi entourant la dent portant la bobine logée dans ladite coque. Cette paroi peut être au contact de la dent.
- [0039] La coque peut comporter au moins une paroi d'entrefer faisant face à l'entrefer et au rotor. La paroi d'entrefer peut recouvrir la dent. La coque peut avoir une épaisseur de la paroi d'entrefer E_p comprise entre 0,2 mm et 5 mm, de préférence entre 0,25 mm et 2 mm, mieux entre 0,3 mm et 1 mm. L'épaisseur de la paroi d'entrefer est très faible, ce qui permet de réduire l'encombrement de la coque au niveau de l'entrefer.
- [0040] La coque peut également comporter une paroi périphérique qui se raccorde à la paroi d'entrefer de la coque.
- [0041] Cette paroi périphérique peut comporter deux demi-coques, une première demi-

coque et une seconde demi-coque. Ces deux demi-coques peuvent être symétriques l'une par rapport à l'autre. En variante, elles peuvent ne pas être symétriques l'une par rapport à l'autre.

- [0042] Les deux demi-coques peuvent être assemblées entre elles de manière étanche. La fermeture des deux demi-coques l'une sur l'autre peut être réalisée avec une bonne étanchéité. Un joint d'étanchéité peut être disposé entre les deux demi-coques. Une demi-coque peut comporter une lèvre d'étanchéité venant recouvrir une rainure de l'autre demi-coque.
- [0043] La coque peut avoir une hauteur E_c . La hauteur E_c peut être comprise entre 3 mm et 100 mm, de préférence entre 5 mm et 50 mm, mieux entre 10 mm et 30 mm.
- [0044] La coque peut être en matière plastique, notamment en plastique moulé.
- [0045] La paroi d'entrefer peut recouvrir la dent, ou en variante ne pas la recouvrir. La paroi d'entrefer peut ménager une fenêtre pour la dent. La dent peut être visible de l'extérieur de la coque, lorsque la coque est en place sur la dent. La dent peut venir affleurer la coque, notamment au niveau de sa paroi d'entrefer. En variante, la dent peut être légèrement en retrait de la coque ou au contraire être proéminente par rapport à la coque pour réduire l'entrefer magnétique.
- [0046] La coque peut être fermée sur la dent de manière étanche au niveau de la fenêtre entourant la dent.
- [0047] Lorsque le stator est dépourvu de culasse, la dent est insérée dans la coque, notamment en entier. Dans ce cas, la coque peut comporter notamment deux parois d'entrefer, chacune faisant face à un rotor, et qui font face aux deux entrefers.
- [0048] Lorsque le stator est pourvu d'une culasse, la coque peut alors ne pas être percée au niveau de la paroi faisant face à la culasse. La dent peut être insérée entre un bord de la culasse et les parois d'entrefer de la coque.
- [0049] Les caractéristiques décrites ci-dessus sont valables pour au moins une coque, notamment deux coques, mieux plusieurs coques, voire toutes les coques du stator, mieux toutes les coques de la machine.
- [0050] La coque peut comporter un tube d'entrée pour le fluide de refroidissement et un tube d'évacuation du fluide de refroidissement.
- [0051] Le tube d'entrée et le tube d'évacuation de la coque peuvent être configurés pour assurer la connexion électrique de la bobine correspondante. Ils peuvent par exemple être réalisés en matière électriquement conductrice, notamment métallique, par exemple en cuivre.
- [0052] En variante, les tubes d'entrée et d'évacuation peuvent ne pas être configurés pour assurer la connexion électrique. Ils peuvent par exemple être réalisés en matière plastique.
- [0053] Le tube d'entrée et le tube d'évacuation peuvent avoir une forme semblable l'un à

l'autre. En variante, ils peuvent avoir une forme différente. Ladite forme peut par exemple être creuse, notamment de forme cylindrique. En section transversale, la forme peut être sensiblement circulaire, ou en variante sensiblement carrée, ou en variante sensiblement triangulaire.

- [0054] Le tube d'entrée peut comporter une première extrémité ouverte. Le tube d'entrée peut comporter une deuxième extrémité fermée. L'extrémité fermée peut être opposée à l'extrémité ouverte selon l'axe longitudinal du tube d'entrée.
- [0055] Le tube d'entrée peut comporter une ou plusieurs fentes notamment une unique fente. Ladite fente peut être plus proche de l'extrémité fermée du tube d'entrée.
- [0056] Le tube d'évacuation peut comporter une première extrémité ouverte. Le tube d'entrée peut comporter une deuxième extrémité fermée. L'extrémité fermée peut être opposée à l'extrémité ouverte selon l'axe longitudinal du tube d'évacuation.
- [0057] Le tube d'évacuation peut comporter une ou plusieurs fentes, notamment une unique fente. Ladite fente peut être plus proche de l'extrémité fermée du tube d'évacuation.
- [0058] Les fentes du tube d'entrée et du tube d'évacuation peuvent servir d'entrée et/ou de sortie dans le tube correspondant.
- [0059] La fente du tube d'entrée peut servir d'entrée à une chambre ménagée dans la coque. La fente du tube d'évacuation peut servir de sortie à une chambre ménagée dans la coque. La chambre ménagée dans la coque peut loger le fil aplati enroulé sur lui-même.
- [0060] Le tube d'entrée et le tube d'évacuation peuvent avoir comme fonctionnalité seule la circulation du fluide de refroidissement et ils peuvent ne pas assurer la connexion électrique de la bobine. En variante, le tube d'entrée et le tube d'évacuation peuvent avoir comme double fonctionnalité la circulation du fluide de refroidissement ainsi que celui d'établir la connexion électrique de la bobine.
- [0061] La dent peut comporter une rainure dans laquelle peut venir se loger le tube d'entrée du fluide de refroidissement. La dent peut avoir une rainure dans laquelle peut venir se loger le tube d'évacuation du fluide de refroidissement.
- [0062] La bobine peut comporter un unique fil.
- [0063] En variante, la bobine peut comporter au moins deux fils, notamment deux fils, de préférence superposés l'un sur l'autre. La bobine peut ainsi comporter plusieurs fils, notamment superposés les uns par rapport aux autres, par exemple superposés selon l'axe axial de la dent.
- [0064] Selon un mode de réalisation, la bobine peut comporter deux fils empilés l'un sur l'autre selon l'axe axial de la dent. Les deux fils peuvent être superposés l'un sur l'autre autour de la même dent. Les deux fils peuvent être superposés le long de l'axe axial de la dent. Les deux fils peuvent être superposés autour de la même dent en étant enroulés selon un même sens de rotation. En variante, les deux fils peuvent être su-

perposés autour de la même dent en étant enroulés dans deux sens différents.

[0065] L'agencement des fils superposés l'un sur l'autre permet de minimiser les pertes Joules AC.

[0066] Les deux fils peuvent être électriquement connectés entre eux par une soudure.

[0067] Les deux fils d'une même bobine peuvent être séparés dans la coque correspondante par une paroi de séparation. La coque peut être agencée en trois parties. La coque peut ainsi comporter deux demi-coques ainsi qu'une paroi de séparation. La coque peut ne pas être d'un seul tenant. En variante, la coque peut être d'un seul tenant.

[0068] La paroi de séparation peut permettre de séparer deux chambres. Chaque chambre peut loger un fil de la bobine. En variante chaque chambre peut comporter au moins deux fils, notamment deux fils.

[0069] La paroi de séparation peut permettre le contact de chaque fil avec une quantité importante de fluide de refroidissement, ce qui permet d'améliorer le refroidissement.

[0070] Le fluide de refroidissement peut circuler d'une chambre à l'autre par un orifice ménagé dans la paroi de séparation. Cet orifice permet la connexion fluidique entre les deux chambres séparées par la paroi de séparation.

[0071] En variante, un élément de connexion peut être insérée dans l'orifice ménagé dans la paroi afin d'assurer la connexion électrique. L'orifice ménagé dans la paroi peut être légèrement plus large afin d'assurer l'insertion dudit élément de connexion ainsi que la connexion fluidique entre les deux chambres. L'élément de connexion peut être d'un matériau conducteur, notamment en cuivre.

[0072] En variante, la machine peut comporter un tube de connexion permettant la connexion fluidique entre les deux chambres. Le tube de connexion peut ou non assurer également la connexion électrique entre les deux fils. En variante, il est possible de ne pas utiliser de tube de connexion. Dans ce cas, une soudure peut connecter électriquement les deux fils.

[0073] Le tube de connexion peut par exemple être réalisé en matière électriquement conductrice, notamment métallique, par exemple en cuivre.

[0074] En variante, le tube de connexion peut ne pas être configuré pour assurer la connexion électrique. Il peut par exemple être réalisé en matière plastique.

[0075] La forme du tube de connexion peut par exemple être creuse, notamment de forme cylindrique. En section transversale, la forme peut être sensiblement circulaire, ou en variante sensiblement carrée, ou en variante sensiblement triangulaire.

[0076] Le tube de connexion peut comporter deux fentes, à savoir une première fente et une seconde fente. La première fente peut être plus proche d'une extrémité du tube de connexion. La seconde fente peut être plus proche de l'extrémité opposée du tube de connexion. Les première et seconde fentes peuvent être disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à une section transversale du tube de connexion. Les première et

seconde fentes peuvent être disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à un axe longitudinal du tube de connexion.

- [0077] La première fente du tube de connexion peut servir de sortie à une première chambre ménagée dans la coque. La seconde fente du tube de connexion peut servir d'entrée à une deuxième chambre ménagée dans la coque.
- [0078] Le tube de connexion permet la circulation du fluide de refroidissement entre les deux chambres, notamment entre la première chambre et la seconde chambre. Il permet d'assurer la connexion fluide entre les deux chambres.
- [0079] Dans un mode de réalisation, l'arrivée et la sortie du courant ainsi que l'arrivée et la récupération du fluide de refroidissement peuvent être situées sur le diamètre externe du stator. La connexion électrique peut se faire par l'intermédiaire du tube d'entrée. La connexion fluide peut se faire par l'intermédiaire du tube d'entrée. La connexion fluide peut se faire entre les deux chambres, notamment entre la première et la seconde chambre.
- [0080] Dans un mode de réalisation, le courant électrique peut circuler dans le même sens dans les deux fils. En variante, le courant électrique peut circuler selon un premier sens au sein du premier fil, et dans un sens opposé au sein du second fil.
- [0081] Les dents du stator peuvent être chacune de forme générale sensiblement prismatique, notamment sensiblement trapézoïdale, triangulaire, ou encore en cercle, comportant notamment, en section transversale prise perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine, une ou deux portions de cercles, notamment concentriques, reliées par deux rayons ou en variante une ou deux portions linéaires reliées par deux rayons.
- [0082] La plus grande portion des deux portions linéaires ou partiellement circulaires peut être située vers l'extérieur de la machine. En variante encore, les dents du stator peuvent être de forme autre, étant par exemple rectangulaire. La longueur axiale d'une dent du stator, mesurée selon l'axe de rotation de la machine, peut être supérieure à la longueur axiale d'un bobinage mesurée selon l'axe de rotation de la machine.
- [0083] Les bobines du stator peuvent être de forme correspondante. Les dents du stator présentent une face avant faisant face au rotor. Lesdites faces sont de préférence planes et s'étendent perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine.
- [0084] Le stator peut être dépourvu d'une culasse.
- [0085] Le stator peut être à bobinage concentré, c'est-à-dire bobiné sur dents, avec chaque bobine entourant une dent, et chaque dent portant une bobine. Le bobinage du stator peut être multiphasé. Le nombre de phases peut être d'au moins 3, étant par exemple égal à 3, ou supérieur à 3, par exemple de 5, 7, 11, 13, ou 17, voire plus encore.
- [0086] Les fils utilisés peuvent être isolés à basse tension, étant émaillés voire même émaillés guipés, ou à moyenne tension, étant isolés par du papier de mica par exemple,

voire encore à très haute tension, étant par exemple réalisés avec du câble à haute tension.

- [0087] Le stator peut comporter entre 6 et 48 dents, par exemple 12 dents dans un mode de réalisation. Le stator peut comporter au moins 6 dents, par exemple 6, 12 ou 18 dents, voire plus encore.
- [0088] Les bobines du stator sont de préférence chacune bobinée autour d'un axe de bobinage parallèle à l'axe de rotation X de la machine. Les bobines peuvent comporter des fils de cuivre ou d'aluminium, ou de tout autre matériau électriquement conducteur.
- [0089] Les dents du stator peuvent être rattachées à une armature statorique annulaire Les dents peuvent être réalisées d'un seul tenant avec cette armature statorique annulaire, ou en variante être maintenues dessus par tout moyen tel que par exemple collage, soudage, vissage, assemblage, par exemple par queues d'aronde, cette liste n'étant pas limitative.
- [0090] Les dents peuvent être formées d'un empilage de tôles, maintenues solidaires entre elles par tout moyen tel que par exemple collage, encliquetage, rivetage et rattachées à l'armature statorique annulaire par exemple par vissage.
- [0091] Les dents peuvent également être réalisées dans un matériau isotrope, tel que par exemple des poudres magnétiques agglomérées par frittage ou collage, des matériaux magnétiques anisotropes comme des tôles magnétiques, éventuellement à grains orientés, des matériaux magnétiques amorphes, ou grâce à l'apport de métal selon les procédés dits d'impression 3D.
- [0092] L'armature statorique annulaire est de préférence amagnétique. Elle est par exemple réalisée en aluminium. Ainsi, le stator peut être dépourvu de culasse magnétique, ce qui est moins coûteux. En variante, l'armature statorique annulaire n'est pas amagnétique. Elle peut notamment être magnétique lorsqu'elle sert de culasse.
- [0093] La machine peut comporter un seul stator et un seul rotor.
- [0094] En variante, la machine peut comporter au moins deux rotors disposés de part et d'autre du stator le long de l'axe de rotation de la machine. La machine peut comporter un unique stator et deux rotors. Le stator est alors dit central. Les deux rotors peuvent être agencés de part et d'autre du stator central, notamment à égale distance du stator central.
- [0095] Les deux rotors entourant le stator peuvent être angulairement décalés l'un par rapport à l'autre, ou non. Il peut dans un mode de réalisation ne pas y avoir de décalage angulaire entre les deux rotors. Les deux rotors peuvent être symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine.
- [0096] Les dents du stator peuvent porter chacune deux bobines disposées sur la dent correspondante de part et d'autre de l'armature statorique annulaire, chacune des deux

bobines faisant face à l'un des deux rotors. Les dents du stator peuvent notamment être rattachées par leur milieu à ladite armature statorique annulaire. Les deux demi-dents résultantes peuvent être de même taille, de même que les bobines qu'elles portent.

- [0097] Le stator peut être symétrique par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine.
- [0098] Dans une autre variante de réalisation, la machine peut comporter deux stators et un rotor central. En variante encore, la machine peut comporter plusieurs stators et plusieurs rotors.
- [0099] La machine peut constituer un moteur synchrone ou asynchrone ou une génératrice synchrone ou asynchrone.
- [0100] La machine peut comporter au moins 4 dents au stator, par exemple 4, 6, 8, 10 ou 12 dents au stator ou l'un de leurs multiples.
- [0101] La machine selon l'invention peut constituer un moteur. Dans le cas d'un moteur, le nombre de pôles du rotor de la machine peut être d'au moins 4, étant par exemple de 4, 6, 8, 10 ou 12 ou l'un de leurs multiples. Un des intérêts d'une telle machine est sa compacité.
- [0102] En variante, la machine peut également constituer un générateur. Dans ce cas, elle peut comporter 4, 6, 8, 10 ou 12 pôles au rotor de la machine par exemple, ou l'un de leurs multiples.
- [0103] Dans une variante de réalisation, la machine comporte par exemple 12 dents et 10 pôles
- [0104] Le rotor peut comporter une masse rotorique et des logements ménagés dans la masse rotorique, ces logements étant notamment en forme de fentes. Les logements définissent des pôles magnétiques du rotor, lesdits logements pouvant contenir ou non chacun au moins un aimant permanent.
- [0105] Le rotor peut comporter des aimants permanents insérés dans la masse rotorique. Il peut comporter des aimants permanents, avec notamment des aimants surfaciques ou enterrés. Le rotor peut être à concentration de flux. Il peut comporter une ou plusieurs couches d'aimants disposées en I, en U ou en V, en une ou plusieurs rangées. Les logements des aimants permanents peuvent être réalisées entièrement par découpage dans les tôles.
- [0106] Le rotor peut comporter un arbre s'étendant selon un axe de rotation, sur lequel est disposée la masse rotorique. Cet arbre est solidaire du ou des rotors, et repose par au moins un palier, par exemple un ou deux paliers, sur un carter de la machine, notamment un ou deux flasque(s) d'extrémité de la machine.
- [0107] L'arbre peut être réalisé dans un matériau magnétique, ce qui permet avantageusement de diminuer le risque de saturation dans la masse rotorique et d'améliorer les performances électromagnétiques du rotor. L'arbre peut comporter un manchon

magnétique en contact avec la masse rotorique, le manchon étant monté sur un axe, magnétique ou non.

- [0108] En variante, le rotor peut comporter un arbre amagnétique sur lequel est disposée la masse rotorique. L'arbre peut par exemple être réalisé au moins en partie dans un matériau de la liste suivante, qui n'est pas limitative : acier amagnétique, inox, titane ou tout autre matériau amagnétique La masse rotorique peut dans un mode de réalisation être disposée directement sur l'arbre amagnétique, par exemple sans jante intermédiaire. En variante, notamment dans le cas où l'arbre n'est pas amagnétique, le rotor peut comporter une jante entourant l'arbre du rotor et venant prendre appui sur ce dernier.
- [0109] La masse magnétique rotorique peut être en tout ou en partie réalisée avec des tôles magnétiques.

Brève description des dessins

- [0110] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de réalisation non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé sur lequel :
- [0111] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique de différentes configurations de machines, avec différents nombres de stators et de rotors,
- [0112] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un stator selon l'invention,
- [0113] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue de dessus, schématique et partielle, du stator de la [Fig.2],
- [0114] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de côté, schématique et partielle, du stator de la [Fig.2],
- [0115] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective, schématique et partielle, d'une bobine comportant un fil unique,
- [0116] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue du dessus en perspective, schématique et partielle de la bobine de la [Fig.5],
- [0117] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue du dessus, schématique et partielle du sens de circulation du courant dans la bobine de la [Fig.6],
- [0118] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue isolée en perspective du tube d'entrée de la bobine de la [Fig.6],
- [0119] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue isolée en perspective du tube d'évacuation de la bobine de la [Fig.6],
- [0120] [Fig.10] La [Fig.10] est une vue schématique et partielle de l'organe d'écartement de la bobine de la [Fig.6], selon un premier mode de réalisation,
- [0121] [Fig.11] La [Fig.11] est une vue schématique et partielle de l'organe d'écartement de la bobine de la [Fig.6], selon un second mode de réalisation,

- [0122] [Fig.12] La [Fig.12] est une vue schématique et partielle de l'organe d'écartement de la bobine de la [Fig.6], selon un troisième mode de réalisation,
- [0123] [Fig.13] La [Fig.13] est une vue éclatée, schématique et partielle, d'une variante de réalisation de bobine comportant deux fils superposés selon l'axe axial de la dent,
- [0124] [Fig.14] La [Fig.14] est une vue en perspective, schématique et partielle, de la coque fermée de la [Fig.13],
- [0125] [Fig.15] La [Fig.15] est une vue en perspective, schématique et partielle, de la coque de la [Fig.13], dépourvue de paroi d'entrefer,
- [0126] [Fig.16] La [Fig.16] est une coupe selon l'axe A-A de la [Fig.14],
- [0127] [Fig.17] La [Fig.17] est une vue en perspective, schématique et partielle, des deux fils superposés autour de la dent de la bobine de la [Fig.13],
- [0128] [Fig.18] La [Fig.18] est une vue en perspective du tube d'entrée de la bobine de la [Fig.13],
- [0129] [Fig.19] La [Fig.19] est une vue en perspective du tube d'évacuation de la bobine de la [Fig.13],
- [0130] [Fig.20] La [Fig.20] est une vue en perspective de la pièce de liaison de la bobine de la [Fig.13],
- [0131] [Fig.21] La [Fig.21] est une vue en perspective, schématique et partielle, d'une autre variante de réalisation,
- [0132] [Fig.22] La [Fig.22] est une vue en perspective, schématique et partielle, de la bobine de la [Fig.21],
- [0133] [Fig.23] La [Fig.23] est une vue isolée de la pièce de liaison de la bobine de la [Fig.21], et
- [0134] [Fig.24] La [Fig.24] est une vue schématique et partielle du sens de circulation du courant électrique au sein de la bobine de la [Fig.21].

Description détaillée

- [0135] On a illustré à la [Fig.1] trois exemples de machines électriques tournantes 1a, 1b et 1c. Chaque machine comporte au moins un stator 2 et au moins un rotor 4, disposés le long de l'axe de rotation X de la machine, selon l'axe 5 de la machine. Le stator 2 est refroidi par une circulation d'un fluide de refroidissement.
- [0136] La machine électrique tournante 1a comporte un stator 2 et un rotor 4 séparés par un entrefer 3. La machine électrique tournante 1b comporte un stator 2 et deux rotors 4 séparés par deux entrefers 3. La machine électrique tournante 1c comporte deux stators 2 et un rotor 4 séparés par deux entrefers 3.
- [0137] On va maintenant décrire plus en détails, en références aux figures 2 à 12, un exemple de réalisation de l'invention comportant un unique stator 2 et deux rotors 4. Les deux rotors 4 sont agencés de part et d'autre du stator 2 central, à égale distance du

stator 2. Le stator 2 peut être dépourvu d'une culasse.

- [0138] Le stator 2 comporte douze coques 9, comme illustré aux figures 2 et 3. Chaque coque 9 est agencée entre deux coques voisines. L'ensemble des coques 9 est disposé en cercle, formant un évidement 16 central pour le passage de l'axe 5.
- [0139] Chaque coque 9 loge une unique dent 20. La coque 9 comporte deux parois d'entrefer 11, chacune faisant face à un entrefer 3 et à un rotor 4. Chaque paroi d'entrefer 11 recouvre la dent 20.
- [0140] La coque 9 comporte également une paroi périphérique 17 qui se raccorde aux parois d'entrefer 11 de la coque 9. La paroi périphérique 17 est d'un seul tenant. La coque 9 est fermée sur la dent 20 de manière étanche au niveau de la jonction entre les parois d'entrefer 11 et la paroi périphérique 17.
- [0141] La coque a une hauteur E_c comprise entre 10 mm et 30 mm. La paroi d'entrefer 11 qui recouvre la dent a une épaisseur E_p comprise entre 0,3 mm et 1 mm.
- [0142] Les dents 20 du stator 2 sont chacune de forme générale sensiblement triangulaire, comportant en section transversale prise perpendiculairement à l'axe de rotation X de la machine une portion de cercle et deux rayons.
- [0143] Les caractéristiques décrites ci-dessus sont valables pour toutes les dents 20 de la machine 1.
- [0144] Chaque dent 20 porte une bobine 100 bobinée concentriquement autour de ladite dent 20. La bobine 100 comporte un fil 106 aplati. Le fil 106 est enroulé sur lui-même autour de la dent 20 correspondante. Le fil 106 aplati possède une section transversale allongée, de forme sensiblement rectangulaire. Un rapport entre une plus grande dimension de la section transversale du fil 106 et une plus grande dimension perpendiculaire à celle-ci, dite épaisseur e du fil, est de l'ordre de $5/2$, comme illustré à la [Fig.10].
- [0145] Le fil 106 est enroulé en une pluralité de couche consécutives de fil aplati 106. Deux couches consécutives de fil 106 sont espacées d'une distance d non nulle. Deux couches consécutives de fil 106 sont espacées d'une distance d comprise entre 0,1 mm et 0,5 mm.
- [0146] La machine 1 est configurée pour permettre la circulation du fluide de refroidissement entre les couches de fil 106 dans la coque 9. Le fluide suit un chemin en escargot formé par le fil 106 enroulé, comme illustré à la [Fig.6].
- [0147] Le fil aplati 106 est bobiné autour de la dent 20 correspondante en étant courbé autour d'une droite parallèle à la plus grande dimension de la section transversale du fil 106. Le fil aplati 106 est bobiné autour de la dent 20 correspondante sans être courbé autour de l'épaisseur de la section transversale du fil 106. Le fil 106 est enroulé sur lui-même autour de la dent 20 le long d'un axe axial de la dent, l'axe axial de la dent 20 s'étendant parallèlement à l'axe de rotation X de la machine.

- [0148] Chaque coque 9 renferme une dent 20. Chaque coque 9 comporte un tube d'entrée 12 pour le fluide de refroidissement et un tube d'évacuation 18 du fluide de refroidissement, comme illustré à la [Fig.4].
- [0149] La dent 20 comporte une rainure 109, illustrée à la [Fig.5] et à la [Fig.6], dans laquelle vient se loger le tube d'évacuation 18 du fluide de refroidissement.
- [0150] Le tube d'entrée 12 et le tube d'évacuation 18 de la coque 9 sont configurés pour assurer la connexion électrique de la bobine 100 correspondante.
- [0151] Le tube d'entrée 12 et le tube d'évacuation 18 ont dans cet exemple une forme semblable l'un à l'autre, comme illustré aux figures 8 et 9. Ladite forme est creuse, formant un cylindre de révolution 108a et 108b, respectivement pour les tubes d'entrée 12 et d'évacuation 18. En section transversale, la forme est sensiblement circulaire. Le tube d'entrée 12 et le tube d'évacuation 18 comportent respectivement un fond 115a et 115b.
- [0152] Le tube d'entrée 12, illustré à la [Fig.8], comporte une unique fente 112. Ladite fente est plus proche de l'extrémité circulaire fermée du tube d'entrée 12. Les extrémités circulaires ouverte et fermée du tube d'entrée sont disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à un axe longitudinal du tube d'entrée 12.
- [0153] La fente 112 du tube d'entrée 12 sert d'entrée à une chambre 102 ménagée dans la coque. La fente 102 du tube d'évacuation 18 sert de sortie hors de la chambre. Chaque chambre 102 ménagée dans la coque 9 loge un fil aplati 106 enroulé sur lui-même. L'extrémité circulaire ouverte du tube d'évacuation 18 sert de sortie hors de la chambre correspondante. Le tube d'évacuation 18, illustré à la [Fig.9], comporte une unique fente 111. Ladite fente 111 est plus proche de l'extrémité circulaire fermée du tube d'évacuation 18. Les extrémités circulaires ouverte et fermée du tube d'évacuation sont disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à un axe longitudinal du tube d'évacuation 18.
- [0154] La fente du tube d'entrée 12 sert d'entrée à la chambre 102 ménagée dans la coque 9. La fente 111 du tube d'évacuation 18 sert de sortie à la chambre 102 ménagée dans la coque 9. L'extrémité circulaire ouverte du tube d'évacuation 13 sert de sortie hors du tube correspondant.
- [0155] Le tube d'entrée 12 et le tube d'évacuation 18 ont comme double fonctionnalité la circulation du fluide de refroidissement ainsi que celui d'établir la connexion électrique de la bobine. Le courant électrique circule de l'entrée du courant 104 vers la sortie du courant 103, à travers la bobine 100 bobinée, comme illustré à la [Fig.7].
- [0156] Deux couches consécutives de fil aplati 106 sont espacées entre elles par un organe d'écartement 120, dont différentes variantes possibles sont illustrées aux figures 10 à 13. Dans le mode de réalisation de la [Fig.10], l'organe d'écartement 120 comporte une pluralité de pastilles 123. Les pastilles 123 sont disposées entre les couches de fil

106. L'ensemble des pastilles ont une épaisseur E_a d'environ 0,2 mm.
- [0157] Selon un second mode de réalisation illustré à la [Fig.11], l'organe d'écartement 120 comporte une pluralité de barrettes 121. Une barrette 121 est de forme parallépipédique. Les barrettes 121 sont beaucoup plus longues que larges. Elles définissent des grandes faces et des petites faces. Elles s'étendent depuis une face de la coque 9 correspondante entre les couches de fil 106, perpendiculairement au sens d'élongation du fil 106. Elles sont fixées au fil 106 par une grande face.
- [0158] Selon un troisième mode de réalisation illustré à la [Fig.12], l'organe d'écartement 120 comporte une pluralité de barrettes 122. Les barrettes 122 sont de tailles différentes de celle des barrettes 121. Dans un exemple de réalisation non représenté, les barrettes 122 peuvent être de même taille que les barrettes 121. Elles sont placées à différentes hauteurs du fil 106 et sont fixées au fil 106 dans le sens d'élongation dudit fil 106.
- [0159] L'organe d'écartement 120 comporte une pluralité de barrettes ou de pastilles selon le mode de réalisation choisi. L'organe d'écartement 120 est disposé par collage sur une face du fil 106. Il est collé sur la plus grande dimension de la section transversale dudit fil 106.
- [0160] Les pastilles ou barrettes sont positionnées sur des parties courbées du fil 106 et des parties rectilignes du fil 106. Elles sont disposées sur un fil 106 donné à intervalles réguliers. Un intervalle entre deux pastilles ou barrettes consécutives sur un fil donné est d'une distance D non nulle. Elles sont également réparties à différentes hauteurs du fil 106, comme illustré aux figures 10 et 12.
- [0161] On a illustré plus en détail un second exemple de réalisation de l'invention illustré aux figures 13 à 21. Dans cet exemple, la machine 1 comporte un unique stator 2 et deux rotors 4.
- [0162] Dans ce mode de réalisation, la bobine 100, illustrée en détail à la [Fig.13], comporte deux fils concentrés 106, superposés l'un sur l'autre selon l'axe axial de la dent 20.
- [0163] La coque 9, illustré à la [Fig.14], comporte deux parois d'entrefer 11. Chaque paroi d'entrefer comporte un trou 19 permettant le passage du tube d'entrée 12 et du tube d'évacuation 18.
- [0164] Selon ce mode de réalisation, la bobine 100 comporte deux fils 106 empilés l'un sur l'autre selon l'axe axial de la dent 20, comme illustré aux figures 15 et 16. Les deux fils 106 sont superposés le long de l'axe axial de la dent 20, autour de la même dent 20 en étant enroulés sur eux-mêmes dans des sens opposés de rotation.
- [0165] Les deux fils 106 d'une même bobine 100 sont séparés dans la coque 9 correspondante par une paroi de séparation 21. La paroi de séparation est réalisée dans cet exemple d'un seul tenant avec la paroi périphérique 17, comme illustré aux figures 13 et 16. En outre, les deux parois d'entrefer 11 sont identiques l'une par rapport à l'autre.

- [0166] La paroi de séparation 21 permet de séparer deux chambres 102. Chaque chambre 102 loge un fil 106 de la bobine.
- [0167] La bobine 100, formée des deux fils 106, comporte un tube d'entrée 12 représenté à la [Fig.18]. Le tube d'entrée comporte une unique fente 112. La bobine 100 comporte également un tube d'évacuation 18, représenté à la [Fig.19], comportant une unique fente 111.
- [0168] Le tube d'entrée 12 et le tube d'évacuation 18 ont une forme semblable l'un à l'autre. Ladite forme est creuse, de forme cylindrique, formant un cylindre de révolution respectivement 138a et 138b. En section transversale, la forme est sensiblement circulaire.
- [0169] L'élément de connexion 113 entre les deux fils 106 est de forme rectangulaire et ne comporte pas de fente, comme illustré à la [Fig.20]. L'élément de connexion 113 assure la connexion électrique entre les deux fils. Selon ce mode de réalisation, l'élément de connexion 113 est inséré au sein d'un orifice 130 ménagé dans la paroi de séparation 21. L'élément de connexion 113 assure la connexion fluidique. Il est en cuivre. L'orifice 130 assure la connexion fluidique entre les deux chambres, comme illustré à la [Fig.20].
- [0170] On a illustré également un autre exemple de réalisation de l'invention, en référence aux figures 21 à 24.
- [0171] La coque 9, illustrée aux figures 21 et 22, comprend trois parties distinctes : deux demi-coques 17a et 17b ainsi qu'une paroi de séparation 21. Selon ce mode de réalisation, la coque 9 n'est pas d'un seul tenant. Un joint d'étanchéité 13 est disposé entre les deux demi-coques 17a et 17b. Les deux demi-coques 17a et 17b sont assemblées entre elles de manière étanche. La fermeture des deux demi-coques 17a et 17b l'une sur l'autre est réalisée avec une bonne étanchéité.
- [0172] Selon ce mode de réalisation, l'élément de connexion entre les deux fils est un tube de connexion 113, illustré à la [Fig.23]. La forme du tube de connexion 113 est creuse, de forme cylindrique. En section transversale, sa forme est sensiblement carrée. Selon une variante de réalisation non représentée, la forme du tube de connexion pourrait être en section transversale de forme sensiblement ronde.
- [0173] Le tube de connexion 113 comporte deux fentes, à savoir une première fente 114a et une seconde fente 114b. La première fente 114a est plus proche d'une extrémité du tube de connexion 113. La seconde fente 114b est plus proche de l'extrémité opposée du tube de connexion 113.
- [0174] Les première et seconde fentes 114a et 114b sont disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à une section transversale du tube de connexion 113. Les première et seconde fentes 114a et 114b sont disposées à l'opposé l'une de l'autre par rapport à un axe longitudinal du tube de connexion 113. Selon une variante de réalisation non représentée, les première et seconde fentes peuvent être disposées sur la même face du

tube de connexion.

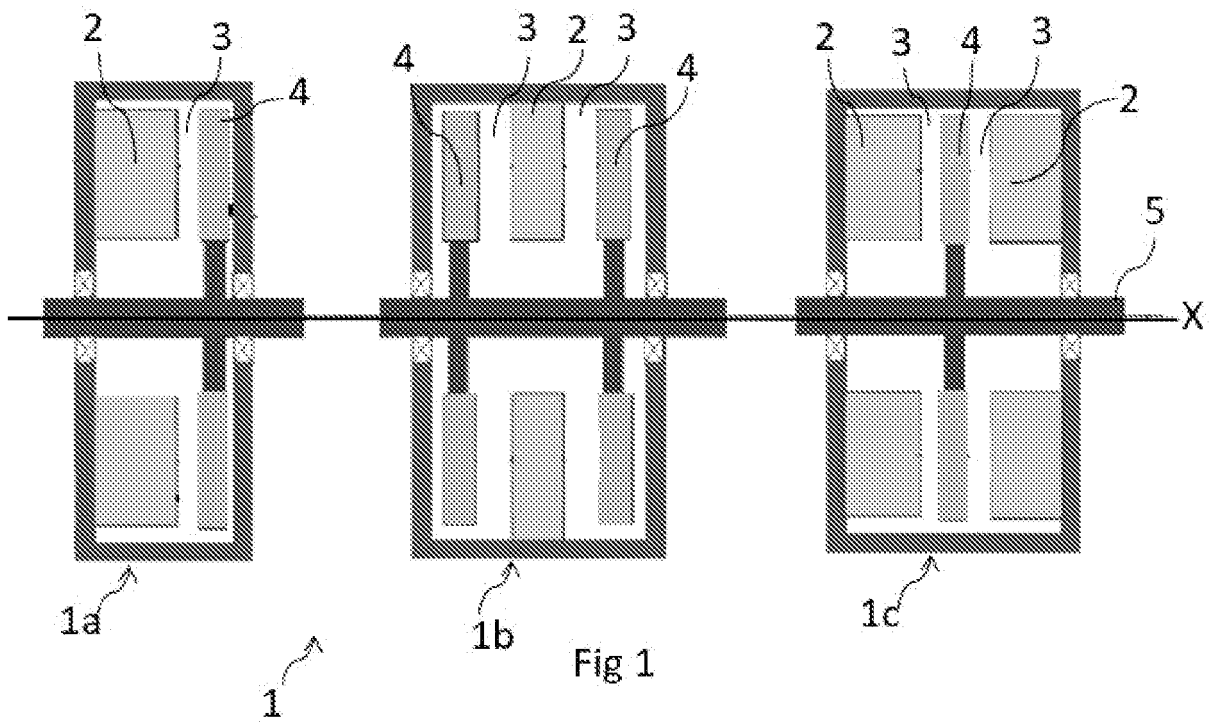
- [0175] La première fente 114a du tube de connexion 113 sert de sortie à une première chambre 102 ménagée dans la coque 9. La seconde fente 114b du tube de connexion 113 sert d'entrée à une deuxième chambre 102 ménagée dans la coque 9.
- [0176] Le tube de connexion 113 permet la circulation du fluide de refroidissement entre les deux chambres 102.
- [0177] Selon ce même mode de réalisation, la machine 1 comporte un tube d'entrée 12 et un tube d'évacuation 18, chacun comporte respectivement une unique fente, qui sont similaires aux tubes d'entrée et d'évacuation illustrés aux figures 8 et 9.
- [0178] Lorsque la bobine 100 comporte deux fils 106, l'entrée 104 permettant l'arrivée du courant et la sortie 103 du courant dans les bobines concentrées sont situées sur le diamètre extérieur du stator 2.
- [0179] L'arrivée 104 et la sortie 103 du courant ainsi que l'arrivée et la récupération du fluide de refroidissement sont situées sur le diamètre externe du stator 2.
- [0180] Le courant électrique circule dans le même sens dans les deux fils, comme illustré à la [Fig.24].

Revendications

- [Revendication 1] Machine (1) électrique tournante à flux axial, comportant au moins un stator (2) et au moins un rotor (4), disposés le long de l'axe de rotation (X) de la machine, le stator (2) étant refroidi par une circulation d'un fluide de refroidissement,
- le stator (2) comportant une pluralité de dents (20), au moins une dent (20), voire chaque dent (20), portant une bobine (100) bobinée concentriquement autour de ladite dent (20),
- la bobine (100) comportant au moins un fil (106) aplati enroulé sur lui-même autour de la dent (20) correspondante en une pluralité de couches, deux couches consécutives de fil aplati (106) étant espacées d'une distance d non nulle,
- le stator (2) comportant au moins une coque, notamment une pluralité de coques (9), la coque, notamment chaque coque (9), logeant au moins une bobine (100) bobinée autour de ladite dent (20),
- la machine (1) étant configurée pour permettre la circulation du fluide de refroidissement entre les couches de fil (106) dans la coque (9).
- [Revendication 2] Machine selon la revendication précédente, le fil aplati (106) étant bobiné autour de la dent (20) correspondante en étant courbé parallèlement à la plus grande dimension de la section transversale du fil (106).
- [Revendication 3] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, deux couches consécutives de fil aplati (106) étant espacées d'une distance d comprise entre 0,05 mm et 1 mm, de préférence entre 0,08 mm et 0,9 mm, mieux entre 0,1 mm et 0,5 mm.
- [Revendication 4] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, deux couches consécutives de fil aplati (106) étant espacées entre elles par un organe d'écartement (120), comportant notamment une pluralité de pastilles (123) disposées entre les couches de fil.
- [Revendication 5] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, une coque (9) logeant une unique dent (20).
- [Revendication 6] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, la coque (9) comportant un tube d'entrée (12) pour le fluide de refroidissement et un tube d'évacuation (18) du fluide de refroidissement.
- [Revendication 7] Machine selon la revendication précédente, le tube d'entrée (12) et le tube d'évacuation (18) de la coque (9) étant configurés pour assurer la connexion électrique de la bobine (100) correspondante.

- [Revendication 8] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, la bobine (100) comportant au moins deux fils (106), notamment deux fils (106), de préférence superposés l'un sur l'autre.
- [Revendication 9] Machine selon la revendication précédente, les deux fils (106) d'une même bobine (100) étant séparés dans la coque correspondante par une paroi de séparation (21).
- [Revendication 10] Machine selon la revendication précédente, la machine comportant un tube de connexion (113) permettant la connexion fluide entre deux chambres (102) séparées par la paroi de séparation.
- [Revendication 11] Machine selon la revendication précédente, le tube de connexion (113) assurant la connexion électrique entre les deux fils (106).
- [Revendication 12] Machine selon la revendication 9, la machine comportant un orifice (130) ménagé dans la paroi de séparation (21) permettant la connexion fluide entre deux chambres (102) séparées par la paroi de séparation.
- [Revendication 13] Machine selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, l'entrée (104) et la sortie (103) du courant dans les bobines concentrées étant situées sur le diamètre extérieur du stator (2).
- [Revendication 14] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les dents (20) du stator (2) sont chacune de forme générale sensiblement prismatique, notamment sensiblement triangulaire.
- [Revendication 15] Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant au moins deux rotors (4) disposés de part et d'autre du stator (2) le long de l'axe de rotation (X) de la machine (1).

[Fig. 1]



[Fig. 2]

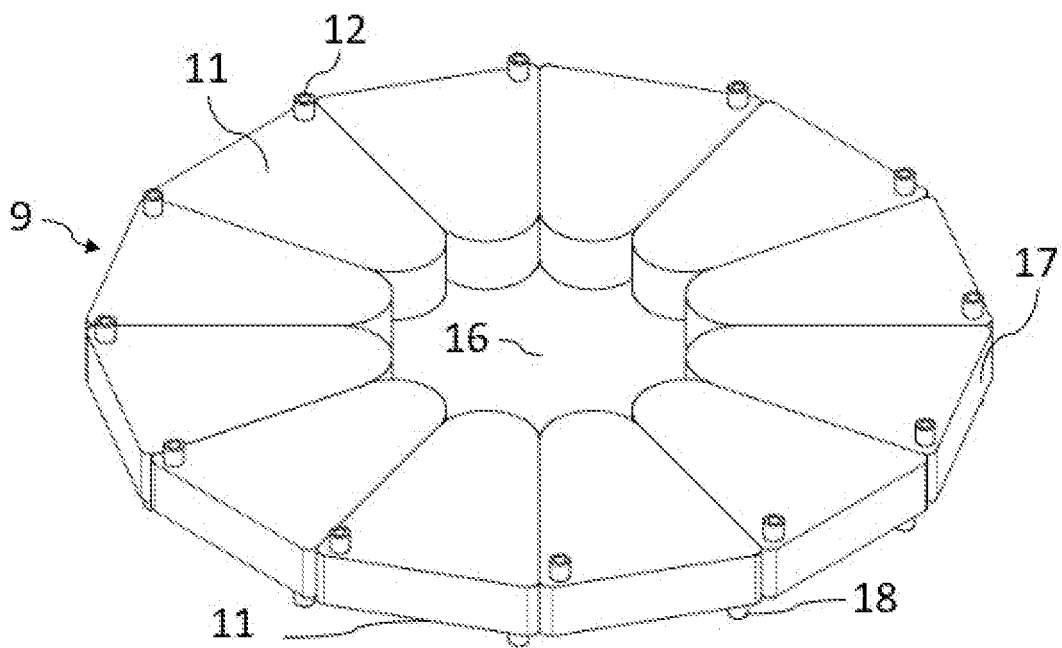


Fig 2

[Fig. 3]

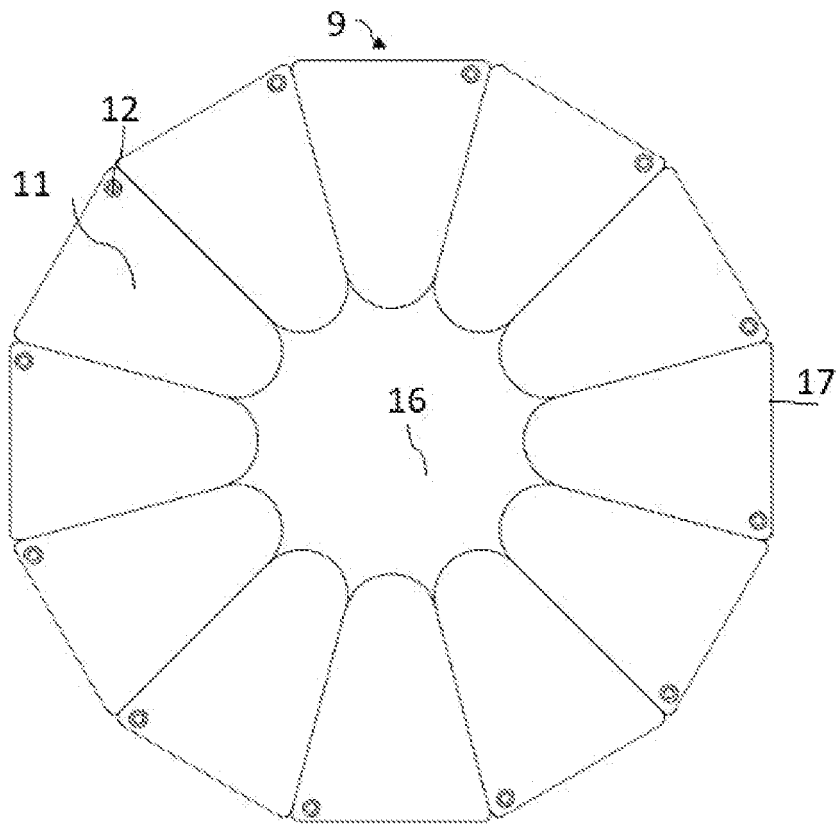


Fig 3

[Fig. 4]

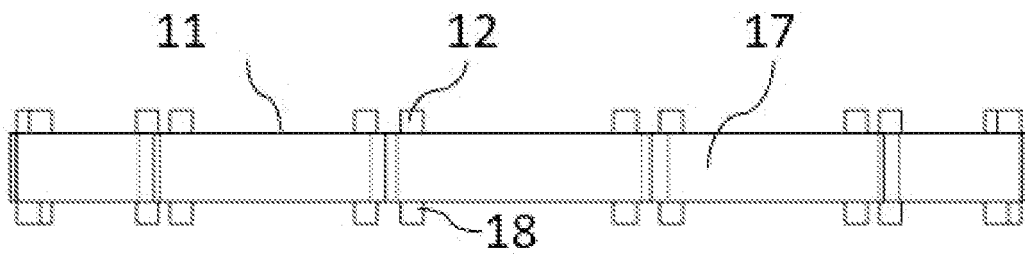


Fig 4

[Fig. 5]

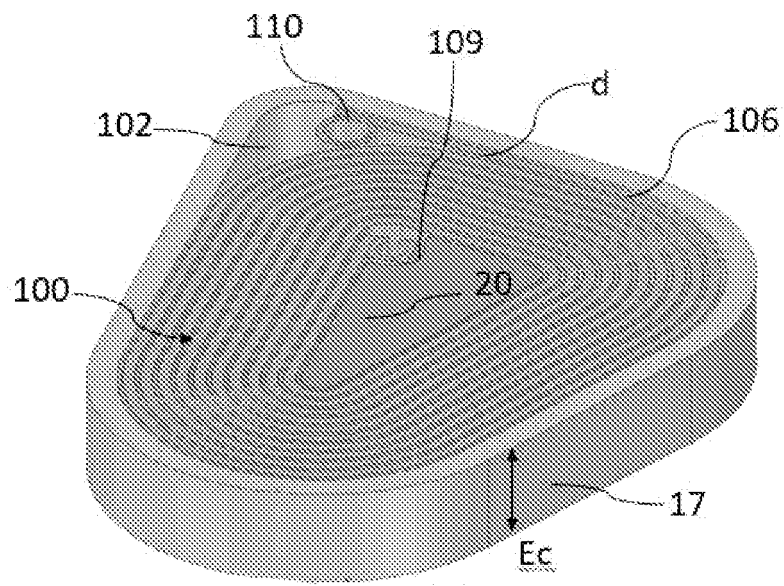


Fig 5

[Fig. 6]

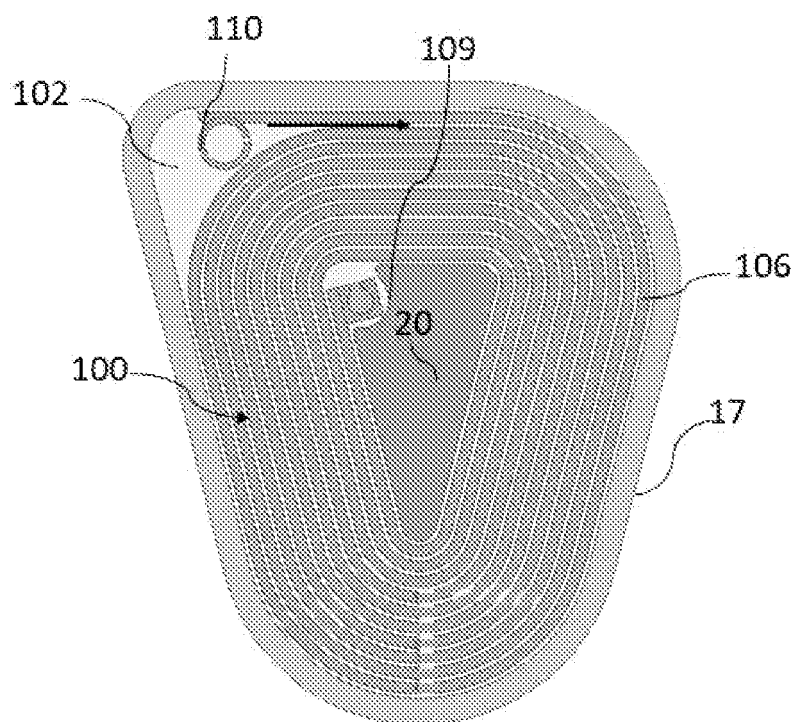


Fig 6

[Fig. 7]

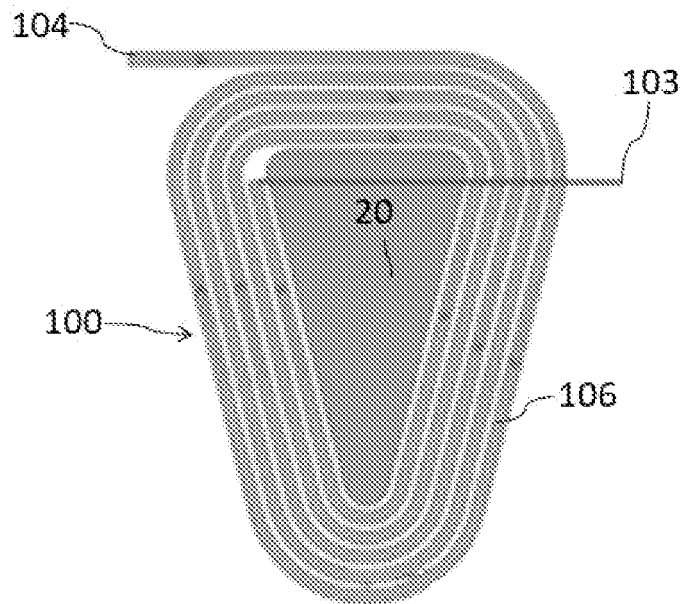


Fig 7

[Fig. 8]

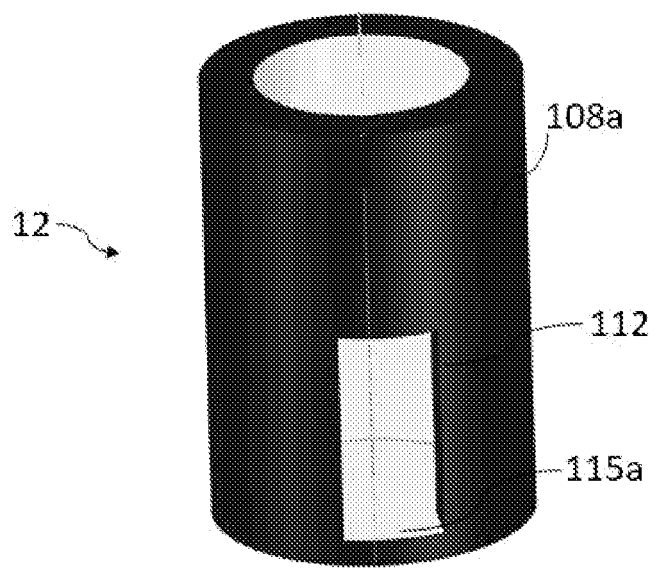


Fig 8

[Fig. 9]

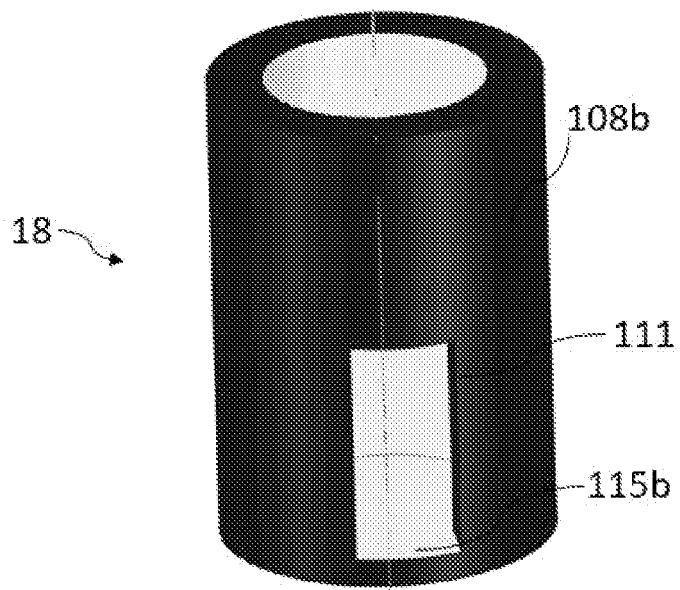


Fig 9

[Fig. 10]

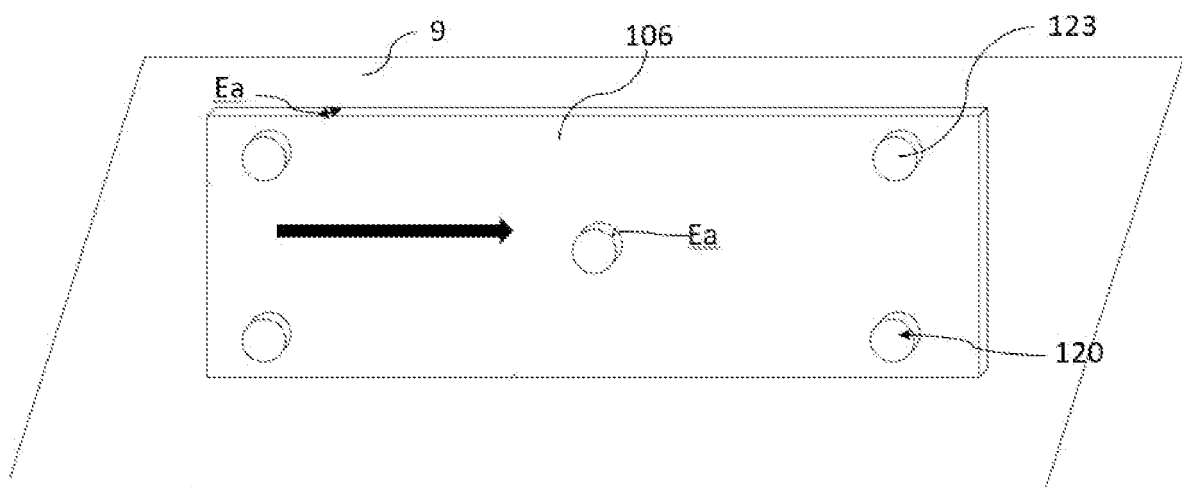


Fig 10

[Fig. 11]

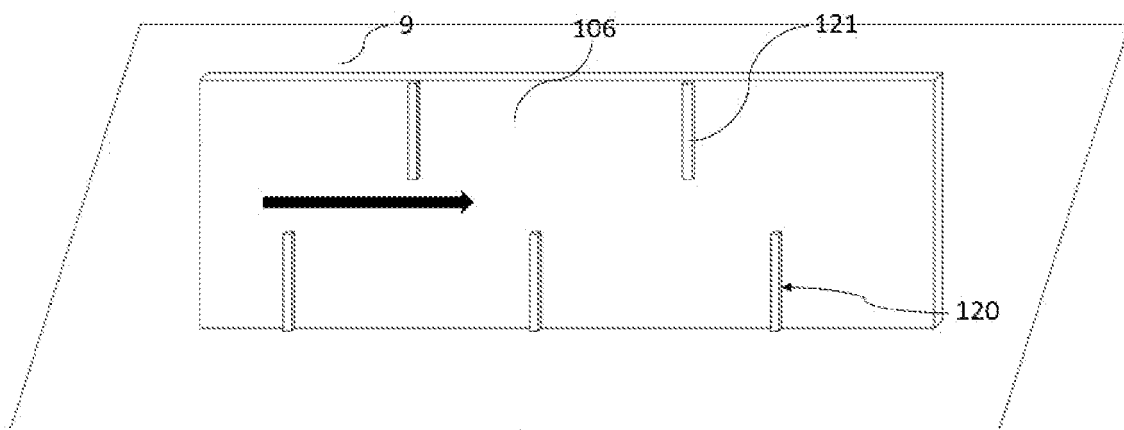


Fig 11

[Fig. 12]

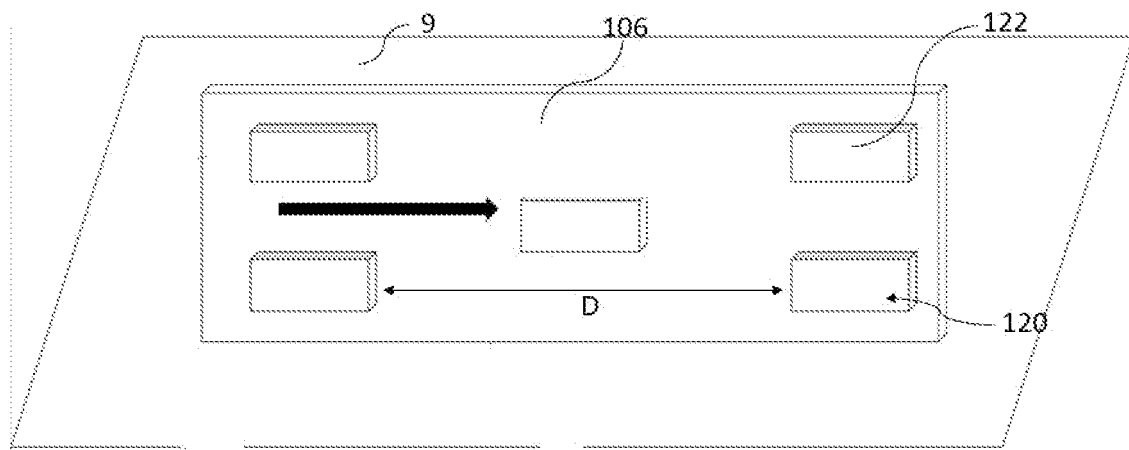
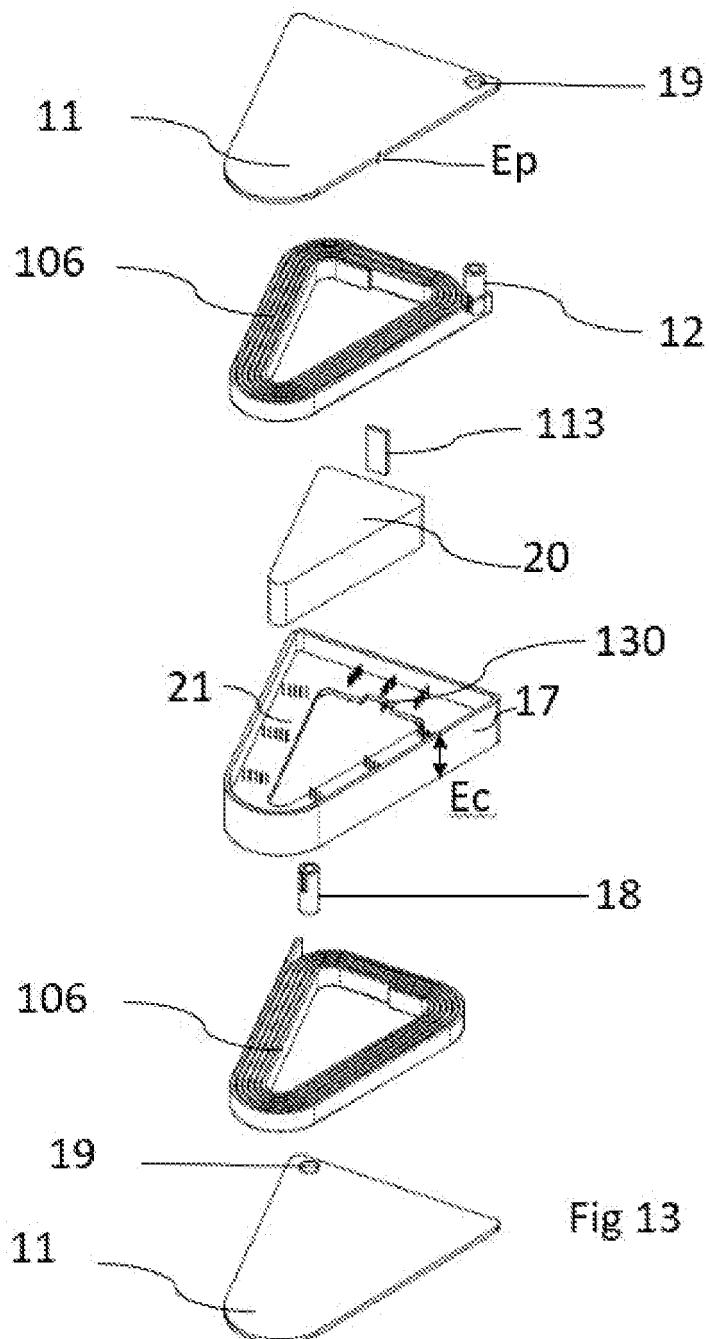


Fig 12

[Fig. 13]



[Fig. 14]

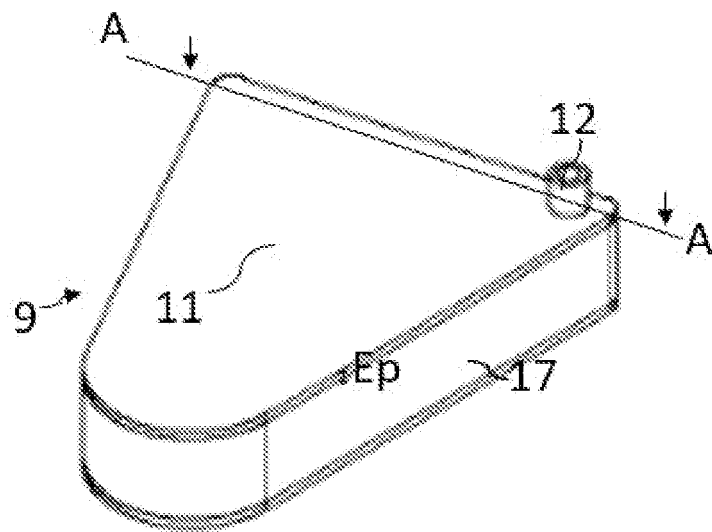


Fig 14

[Fig. 15]

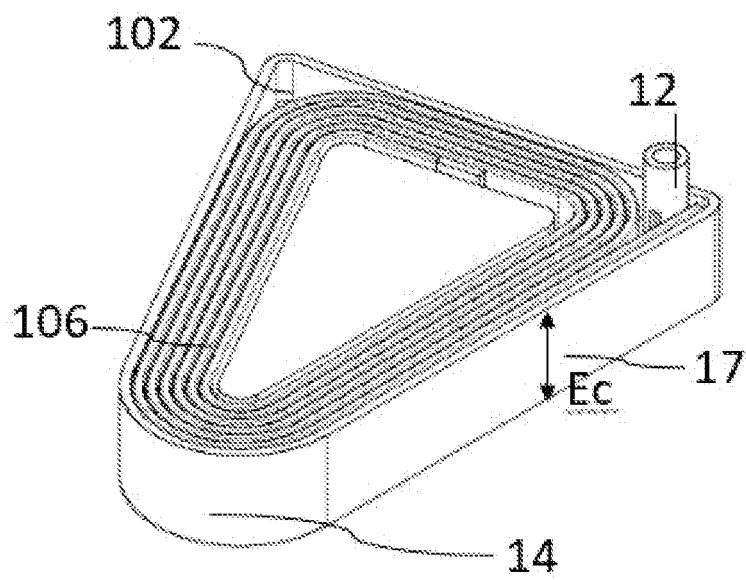


Fig 15

[Fig. 16]

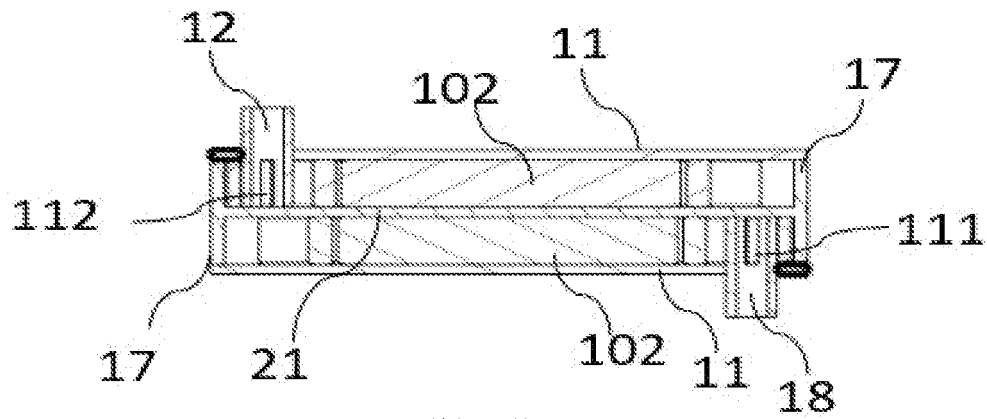


Fig 16

[Fig. 17]

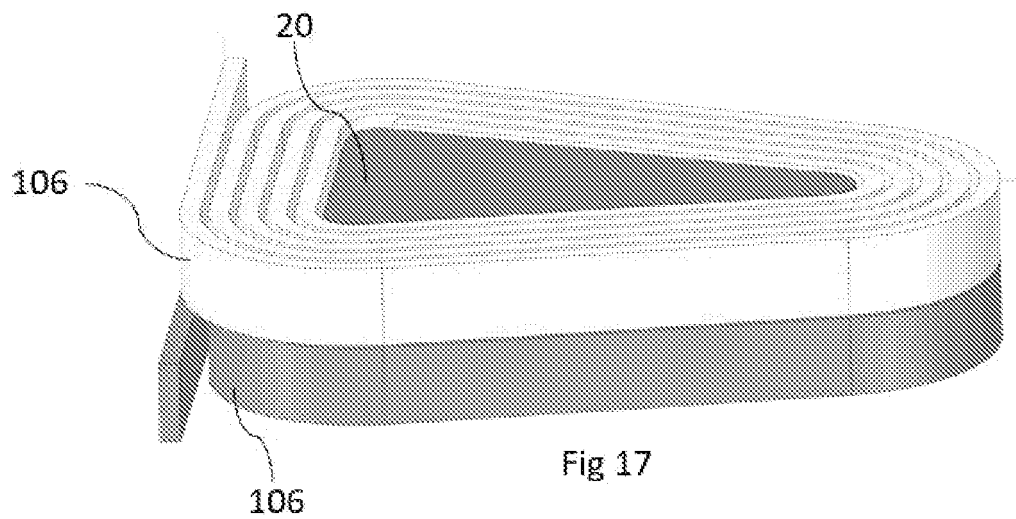


Fig 17

[Fig. 18]

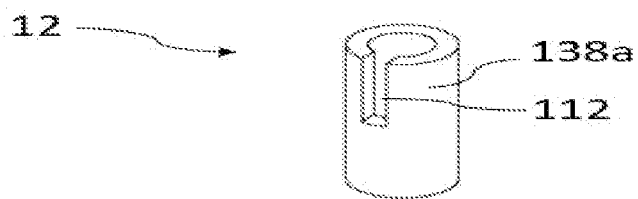


Fig 18

[Fig. 19]

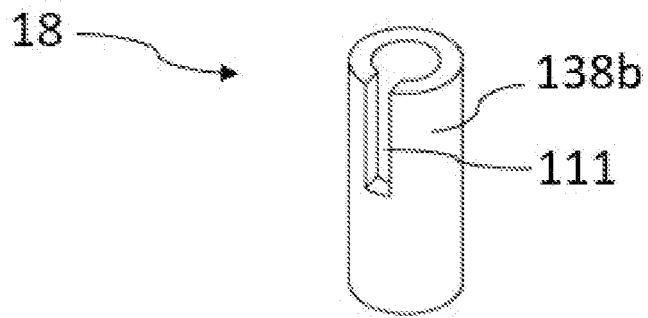


Fig 19

[Fig. 20]

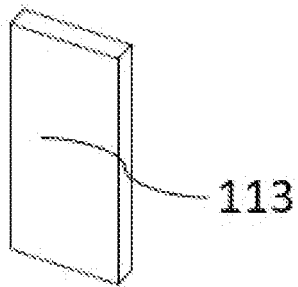


Fig 20

[Fig. 21]

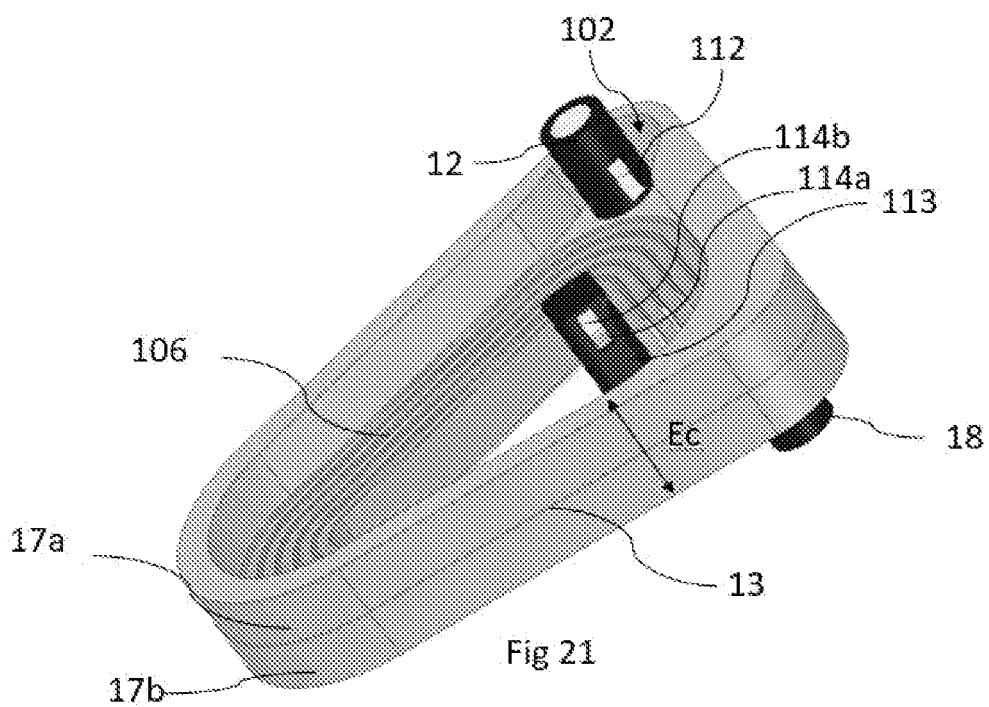
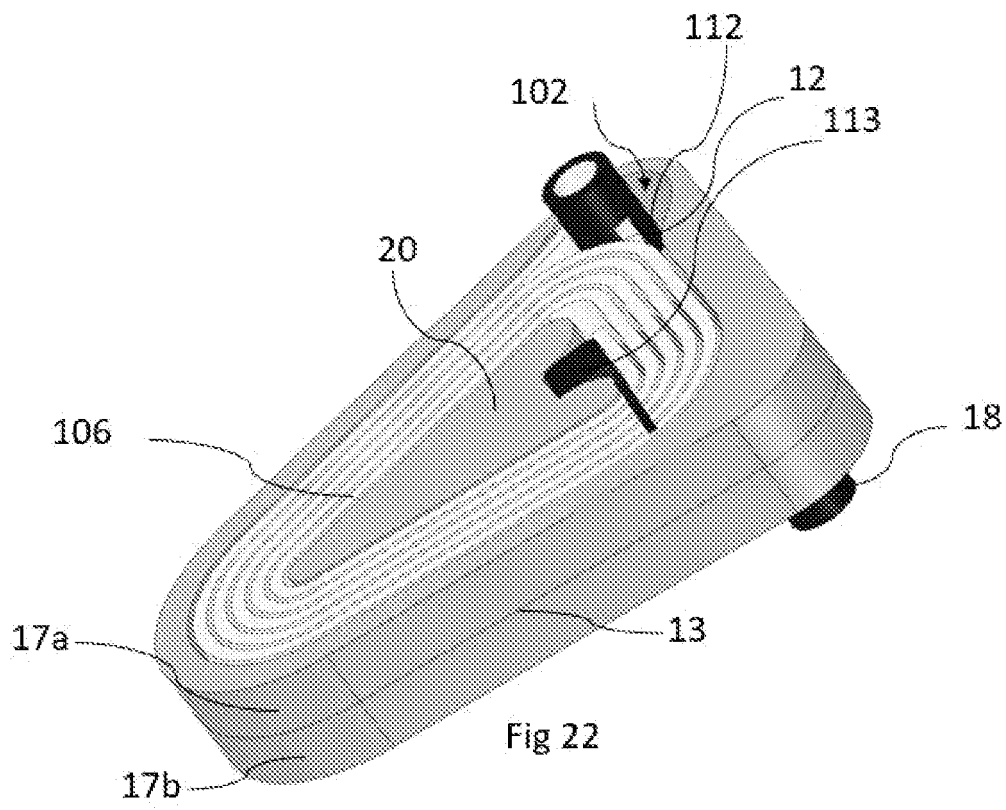
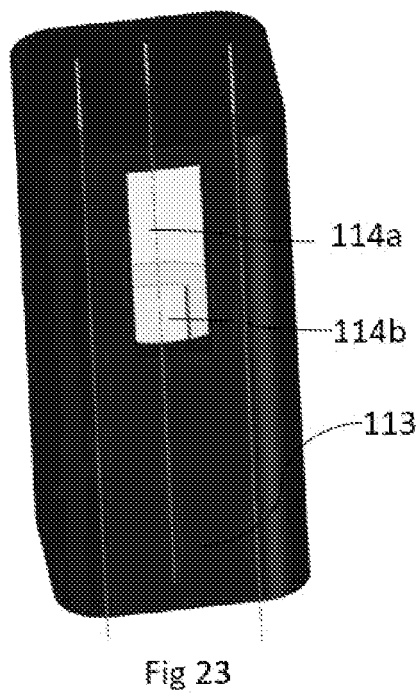


Fig 21

[Fig. 22]



[Fig. 23]



[Fig. 24]

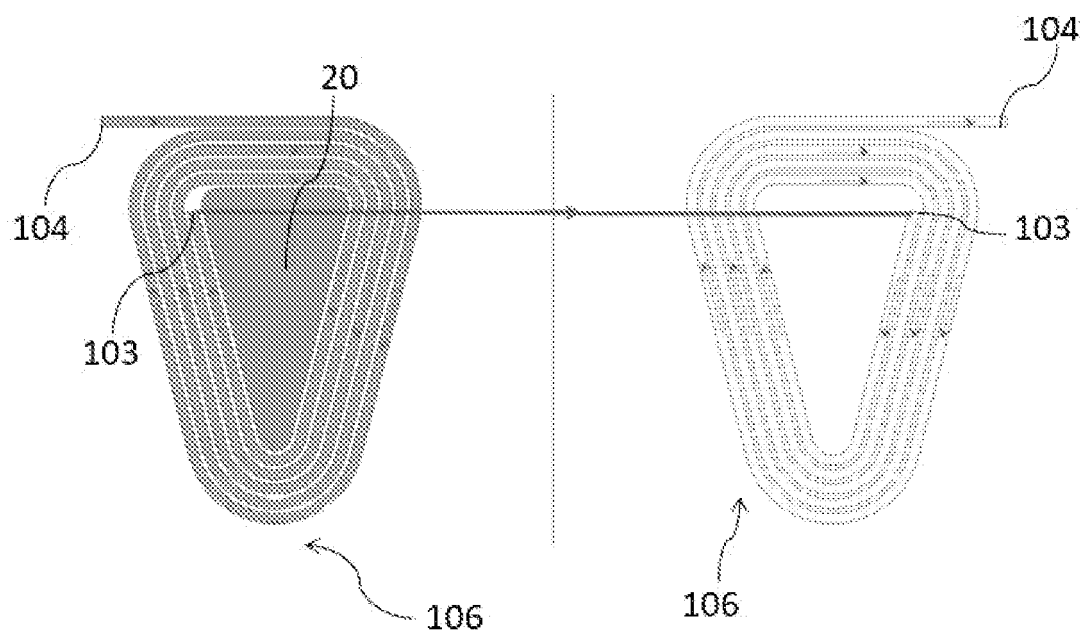


Fig 24

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 917446
FR 2302385

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		
Y A	US 2021/075282 A1 (GIROTTI ADRIANO [IT] ET AL) 11 mars 2021 (2021-03-11) * alinéas [0087], [0091] * * alinéas [0107], [0109], [0110] * * revendication 1 * * figures 1, 5 * -----	1-8, 13-15 9-12	H02K 16/02 H02K 16/04 H02K 3/24 H02K 3/46
Y A	US 2013/285488 A1 (KAZMIN EVGENY VICTOROVICH [RU] ET AL) 31 octobre 2013 (2013-10-31) * alinéas [0017], [0022], [0023] * * revendication 1 * * figure 6 * -----	1-8, 13-15 9-12	
A	WO 2022/197412 A1 (BLACKBOX ENERGY SYSTEMS LLC [US]) 22 septembre 2022 (2022-09-22) * alinéas [0033], [0034] * * figures 5, 6 * -----	8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 septembre 2023		Maas, Erik	
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 2302385 FA 917446**

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 **20-09-2023**
 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
US 2021075282 A1	11-03-2021	CN	112292801 A	29-01-2021
		EP	3763022 A1	13-01-2021
		US	2021075282 A1	11-03-2021
		WO	2019171318 A1	12-09-2019

US 2013285488 A1	31-10-2013	DE	112010006100 T5	17-10-2013
		GB	2499957 A	04-09-2013
		JP	2014501486 A	20-01-2014
		KR	20140005198 A	14-01-2014
		US	2013285488 A1	31-10-2013
		WO	2012091601 A1	05-07-2012

WO 2022197412 A1	22-09-2022	CA	3211542 A1	22-09-2022
		US	2022302789 A1	22-09-2022
		WO	2022197412 A1	22-09-2022
