

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 086 118

②1 N° d'enregistrement national : 18 58296

⑤1 Int Cl⁸ : H 02 K 1/27 (2019.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.09.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.03.20 Bulletin 20/12.

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) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : FRATILA RADU, LEGRANGER JEROME et KHLISSA RADHOUANE.

⑦3 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : VALEO MANAGEMENT SERVICES.

⑤4 MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE MUNIE D'UN ROTOR A MASSE REDUITE.

⑤7 L'invention porte principalement sur une machine électrique tournante comportant un rotor (11) et un stator caractérisée en ce que ledit rotor (11) comprend:

- un corps de rotor (27) en matière ferromagnétique comportant un paquet de tôles, et

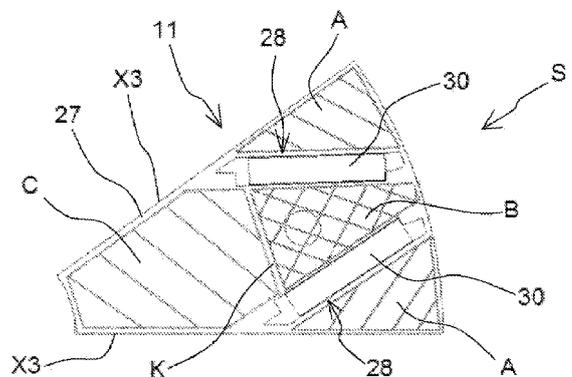
- des pôles magnétiques définis chacun par des aimants permanents (30) disposés à l'intérieur de deux uniques logements (28) par pôle magnétique présentant une forme en V,

- et en ce qu'un secteur angulaire (S) s'étendant entre deux axes (X3) de deux pôles magnétiques adjacents comporte:

- deux premières zones (A) de retrait de matière ferromagnétique s'étendant chacune entre un axe (X3) d'un pôle magnétique et un logement (28) d'un aimant permanent (30) adjacent,

- une deuxième zone (B) de retrait de matière ferromagnétique, et

- une troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique disposée entre une périphérie interne du rotor (11) et la droite (K) de séparation de zone.



FR 3 086 118 - A1



MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE MUNIE D'UN ROTOR À MASSE RÉDUITE

La présente invention porte sur une machine électrique tournante munie d'un rotor à masse réduite. L'invention trouve une application particulièrement
5 avantageuse, mais non exclusive, avec les machines électriques utilisées dans les véhicules automobiles.

De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre
10 menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur, d'un moteur électrique, ou d'une machine réversible pouvant fonctionner dans les deux modes.

Le rotor comporte un corps formé par un empilage de feuilles de tôles maintenues sous forme de paquet au moyen d'un système de fixation adapté. Le rotor comporte des pôles formés par exemple par des aimants
15 permanents logés dans des cavités ménagées dans le corps de rotor.

Par ailleurs, le stator est monté dans un carter configuré pour porter à rotation l'arbre de rotor par exemple par l'intermédiaire de roulements. Le stator comporte un corps muni d'une pluralité de dents définissant des
20 encoches, et un bobinage inséré dans les encoches du stator. Le bobinage est obtenu par exemple à partir de fils ronds continus recouverts d'émail, ou à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles reliées entre elles par soudage. Alternativement, les phases de la machine sont formées à partir de bobines individuelles enroulées chacune autour d'une dent statorique pour un bobinage de type fractionné, ou de bobines enroulées autour de plusieurs
25 dents pour un bobinage de type distribué.

Les machines électriques utilisées pour des applications de véhicule hybride ou électrique, notamment celles entraînées sans courroie de distribution, peuvent être introduites dans des systèmes dont le fonctionnement requiert des changements de vitesses brusques et rapides. Pour que le moteur
30 électrique puisse fonctionner de façon optimale, il est important qu'il puisse être capable de changer de vitesse de rotation au moins aussi rapidement

que les autres composants. Il existe donc le besoin de réduire l'inertie du rotor afin que la machine puisse répondre à ces changements de vitesse.

L'invention vise à combler efficacement ce besoin en proposant une machine électrique tournante, notamment pour véhicule automobile, comportant un rotor et un stator, caractérisée en ce que ledit rotor comprend:

- un corps de rotor en matière ferromagnétique comportant un paquet de tôles, et
- des pôles magnétiques définis chacun par des aimants permanents disposés à l'intérieur de deux uniques logements par pôle magnétique présentant, dans un plan orthogonal à un axe de rotation du rotor, une forme en V,
- et en ce que, dans le plan orthogonal à l'axe de rotation du rotor, un secteur angulaire s'étendant entre deux axes de deux pôles magnétiques adjacents comporte:
 - deux premières zones de retrait de matière ferromagnétique s'étendant chacune entre un axe d'un pôle magnétique et un logement d'un aimant permanent adjacent,
 - une deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique disposée entre les deux logements, et
 - une troisième zone de retrait de matière ferromagnétique disposée entre une périphérie interne du rotor et la droite de séparation de zone.

L'invention permet ainsi, grâce à la réalisation des zones de retrait de matière ferromagnétique dans le corps de rotor, de réduire l'inertie de celui-ci et ainsi améliorer les performances dynamiques de la machine électrique tournante. L'invention pourra également permettre de réduire les harmoniques de courant, notamment les harmoniques de rang 3, ainsi que les pertes Joules.

Selon une réalisation, une distance minimale entre un bord d'une première zone de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie externe du rotor est comprise entre 0.2mm et 3mm.

Selon une réalisation, un ratio entre:

- la somme d'une distance minimale entre un bord d'une première zone de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement d'un aimant permanent et une distance minimale entre un bord d'une première zone de retrait de matière ferromagnétique et un axe de pôle magnétique le plus proche,
- divisée par une longueur d'un plus grand côté d'un aimant permanent dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor,
- est compris entre 0.1 et 0.4.

10 Selon une réalisation, dans la deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique, un ratio entre

- une somme de longueurs minimales de portions de matériau ferromagnétique depuis une périphérie externe du rotor jusqu'à la droite de séparation de zone,
- 15 - divisée par une longueur d'un plus grand côté d'un aimant permanent dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor est compris entre 0.3 et 0.9.

20 Selon une réalisation, un ratio entre une distance minimale entre un bord de la deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement d'un aimant permanent le plus proche divisé par une longueur d'un plus petit côté d'un aimant permanent dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor est compris entre 0.4 et 1.

Selon une réalisation, une somme entre:

- un rapport entre le diamètre externe du rotor divisé par deux fois la plus petite distance entre un bord de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et un axe de pôle magnétique le plus proche et
- 25 - une valeur égale à 1.2 fois le diamètre externe du rotor,
- est comprise entre 155 et 210.

Selon une réalisation, une somme entre:

- 30 - un ratio entre un nombre de paires de pôles divisé par deux fois la plus petite distance entre un bord de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et un axe de pôle magnétique le plus proche et
- une valeur égale à 0.23 le nombre de paires de pôles,

- est comprise entre 1.5 et 4.5.

Selon une réalisation, une plus petite distance entre un bord de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie interne du rotor est supérieure ou égale à deux fois une plus petite distance entre un bord de
5 la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et un axe d'un pôle magnétique le plus proche.

Selon une réalisation, une plus petite distance entre un bord de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et un bord de logement d'un aimant permanent le plus proche est supérieure ou égale à la moitié de la
10 plus petite distance entre un bord de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique et un axe d'un pôle magnétique le plus proche.

Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une configuration à flux radial.

Selon une réalisation, le stator comporte des enroulements couplés en triangle ou en double triangle ou en étoile ou en double étoile.
15

Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante comporte un nombre de pôles magnétiques sélectionné parmi 4, 6, 8, 10, 12, 14 ou 16.

Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une tension de fonctionnement comprise entre 24 et 60 Volts continue.

20 Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une puissance comprise entre 10kW et 50kW.

Selon une réalisation, un diamètre externe du stator est compris entre 80mm et 180mm.

25 Selon une réalisation, un diamètre externe du stator est sélectionné parmi une des valeurs suivantes 90, 100, 110, 153, 161mm.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1a montre une vue en coupe transversale illustrant la répartition des pôles magnétiques du rotor de la machine électrique tournante selon la présente invention;

- 5 La figure 1b est une vue en coupe transversale partielle illustrant la configuration des différentes zones de retrait de matière ferromagnétique ménagées dans le rotor de la machine électrique tournante selon l'invention;

La figure 2 est une vue en coupe transversale partielle du rotor montrant les dimensions définissant les limites de la deuxième zone de retrait de matière
10 ferromagnétique;

Les figures 3a et 3b sont des représentations graphiques d'une réponse en couple en fonction des dimensions définissant les limites de la première zone de retrait de matière ferromagnétique;

Les figures 4a et 4b sont des vues en coupe transversale partielle du rotor
15 illustrant des variantes de réalisation de la première zone de retrait de matière ferromagnétique;

La figure 5 est une vue en coupe transversale partielle du rotor montrant les dimensions définissant les limites de la deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique;

20 Les figures 6a et 6b sont des représentations graphiques d'une réponse en couple en fonction des dimensions définissant les limites de la deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique;

Les figures 7a et 7b sont des vues en coupe transversale partielle du rotor illustrant des variantes de réalisation de la deuxième zone de retrait de
25 matière ferromagnétique;

La figure 8 est une vue en coupe transversale partielle du rotor montrant les dimensions définissant les limites de la troisième zone de retrait de matière ferromagnétique;

Les figures 9a et 9b sont des représentations graphiques d'une réponse en couple en fonction des dimensions définissant les limites de la deuxième zone de retrait de matière ferromagnétique.

Les éléments identiques, similaires ou analogues conservent la même référence d'une figure à l'autre.

La figure 2 montre une machine électrique tournante 10 comportant un rotor 11 ayant un axe de rotation X correspondant à l'axe de la machine. Le rotor 11 est destiné à être monté sur un arbre (non représenté). Un stator bobiné 12, qui est polyphasé, entoure coaxialement le rotor 11. Le stator 12 et le rotor 11 sont séparés entre eux par un entrefer 13. L'épaisseur de l'entrefer 13 pourra être constante ou variable suivant la circonférence du rotor 11. La machine électrique 10 pourra présenter une tension de fonctionnement comprise entre 24 et 60 Volts continue et une puissance maximale comprise entre 10kW et 50kW. La machine électrique 10 comporte un nombre de pôles PM sélectionné avantageusement parmi 4, 6, 8, 10, 12, 14 ou 16 pôles PM.

Plus précisément, le stator 12 montré partiellement sur la figure 2 comporte un corps 16 et un bobinage 17. Le corps de stator 16 consiste en un empilement axial de tôles planes. Le corps 16 comporte des dents 20 réparties angulairement de manière régulière. Ces dents 20 délimitent des encoches 24, de telle façon que chaque encoche 24 est délimitée par deux dents 20 successives. Les encoches 24 débouchent axialement dans les faces d'extrémité axiales du corps 16. Les encoches 24 sont également ouvertes radialement vers l'intérieur du corps 16.

Le stator 12 est muni de pieds de dent 25 du côté des extrémités libres des dents 20. Chaque pied de dent 25 s'étend circonférentiellement de part et d'autre d'une dent 20 correspondante. En variante, le stator 12 est dépourvu de pieds de dent.

Un diamètre externe du stator 12 est par exemple compris entre 80 et 180mm. Un diamètre externe du stator 12 est notamment sélectionné parmi une des valeurs suivantes: 90, 100, 110, 153, 161mm.

Le bobinage 17 comporte des enroulements de phase couplés en triangle ou en double triangle ou en étoile ou en double étoile. Les enroulements de phase sont obtenus par exemple à partir de fils continus recouverts d'émail ou à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles reliées entre elles par soudage. De préférence, le bobinage est de type distribué. Avantageusement, la machine électrique 10 présente une configuration à flux radial c'est à dire que les échanges de flux magnétique entre le rotor 11 et stator 12 s'effectuent suivant une direction radiale par rapport à l'axe X de la machine électrique 10.

Par ailleurs, le rotor 11 comporte un corps 27 formé par un paquet de tôles planes afin de diminuer les courants de Foucault. Le corps 27 est réalisé dans un matériau ferromagnétique.

Le rotor 11 comporte en outre des logements 28 destinés à recevoir des aimants permanents 30 formant des pôles magnétiques PM.

Chaque pôle PM est formé par au moins deux aimants permanents 30 disposés dans deux logements 28 uniques qui définissent, dans un plan orthogonal à l'axe de rotation X du rotor 11, une forme en V, tel que montré sur la figure 1a. Le rotor 11 comporte ainsi deux uniques logements 28 par pôle magnétique PM. Par "forme en V", on entend le fait que dans un plan orthogonal à l'axe de rotation X du rotor 11, les axes longitudinaux X1, X2 des logements 28 des aimants 30 d'un pôle PM forment un angle A1 non nul entre eux. Les logements 28 correspondants sont en l'occurrence distincts l'un de l'autre. En variante, les logements 28 pourraient se rejoindre au niveau de la pointe du V. De préférence, chaque pôle PM comporte uniquement deux logements d'aimants 28, c'est-à-dire qu'il est dépourvu d'autres logements contenant des aimants. En outre, les pôles PM sont disposés suivant une seule couche circonférentielle d'aimants 30.

Les aimants permanents 30 pourront être réalisés en ferrite ou en terre rare selon les applications et la puissance recherchée de la machine 10. En variante, les aimants permanents 30 peuvent être de nuance différente pour réduire les coûts.

Avantageusement, comme on peut le voir sur la figure 1b, le rotor 11 comporte dans le plan orthogonal à l'axe de rotation du rotor, un secteur angulaire S s'étendant entre deux axes X3 de deux pôles PM adjacents. Un axe X3 d'un pôle magnétique PM sépare ledit pôle PM en deux parties

5 identiques. Ce secteur S comporte:

- deux zones A de retrait de matière ferromagnétique s'étendant chacune entre un axe X3 d'un pôle PM et un logement 28 d'aimant adjacent,

- une zone B de retrait de matière ferromagnétique disposée entre les deux logements 28, et

10 entre une droite K de séparation de zone passant par le petit côté des aimants de chaque logement 28, le petit côté étant celui disposé le plus près de l'axe de rotation X, et une périphérie externe du corps de rotor, et

- une zone C de retrait de matière ferromagnétique disposée entre une périphérie interne du rotor et la droite K de séparation de zone.

15 Une zone de retrait de matière ferromagnétique A, B, C consiste en au moins un évidement 32 pratiqué dans au moins une tôle du paquet de tôles du rotor 11, notamment chaque tôle. Un évidement 32 pourra être réalisé suivant une ou plusieurs formes régulières, de type cercle, polygone, ellipse, ou suivant un motif quelconque. Les formes, les positions, et les tailles des zones Z1 et

20 Z2 sont déterminées de façon à obtenir une réduction significative de l'inertie du rotor 11 sans dégrader les performances de la machine électrique 10.

Les zones de retrait de matière ferromagnétique A, B, C sont définies à partir des dimensions indiquées ci-après.

25 Les longueurs Dri et Dre correspondent respectivement au diamètre interne et au diamètre externe du rotor 11 (cf. figure 8).

La longueur Hap est la longueur d'un plus grand côté d'un aimant permanent 30 dans un plan perpendiculaire à l'axe X de rotation du rotor 11, tel que montré sur la figure 2. La longueur Wap est la longueur d'un plus petit côté d'un aimant permanent 30 dans un plan perpendiculaire à l'axe X

30 de rotation du rotor 11.

Comme on peut le voir sur la figure 2, les zones A de retrait de matière ferromagnétique d'un même secteur S sont définies par les longueurs L1, L2,

et L3. Les deux zones A pourraient ne pas être identiques l'une par rapport à l'autre.

La longueur L1 correspond à la distance minimale entre un bord d'une zone A de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie externe du rotor 11.

- 5 La longueur L2 correspond à la distance minimale entre un bord d'une zone A de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement 28 d'un aimant permanent 30.

- 10 La longueur L3 correspond à la distance minimale entre un bord d'une zone A de retrait de matière ferromagnétique et l'axe X3 de pôle PM le plus proche.

La figure 3a est une représentation graphique du couple T en fonction de la distance L1. Il en ressort que, la distance L1 est comprise entre 0.2mm correspondant à la largeur de coupe minimale et 3mm pour lequel il n'existe pas de variation sensible du couple, soit $0.2\text{mm} \leq L1 \leq 3\text{mm}$.

- 15 Les longueurs L2 et L3 sont liées étroitement aux dimensions d'un aimant 30, dans la mesure où elles influencent la quantité de flux traversant le stator 12. Comme cela est illustré par la figure 3b, on considère qu'un ratio $(L2+L3)/h_{ap}$ optimum doit être compris entre 0.1 afin de garantir un couple T supérieur à un couple minimal T_{min} et 0.4 dans la mesure où une valeur supérieure ne permet pas d'augmenter le couple, soit $0.1 \leq (L2+L3)/h_{ap} \leq 0.4$.
- 20

La distance L3 pourrait être nulle 0, en sorte que l'on a alors un seul évidement 32 entre deux aimants d'un même pôle PM.

- 25 Comme cela est illustré par les figures 4a et 4b, les zones A peuvent comporter plusieurs évidements 32 et ne pas être identiques l'une par rapport à l'autre. Dans l'exemple représenté, les évidements 32 présentent des formes triangulaires, rondes, ovales, trapézoïdales ou en forme de quadrilatère quelconque, mais toute autre forme est envisageable.

Comme on peut le voir sur la figure 5, la zone B de retrait de matière ferromagnétique est définie par les longueurs Dt, W1, W1'.

Dt est la somme des longueurs minimales de portions de matériau ferromagnétique, notamment en fer, depuis une périphérie externe du rotor 11 jusqu'à la droite K de séparation de zone. Dans l'exemple de la figure 7a à un évidement 32, $Dt=D1+D2$ avec D1 étant la distance entre l'évidement 32 et la périphérie externe du rotor 11 et D2 étant la distance entre l'évidement 32 et la droite K de séparation de zone. Dans l'exemple de la figure 5 à plusieurs évidements 32, $Dt=D1+D2+D3$. Dans l'exemple de la figure 7b, on a $Dt=D1+D2+D3+D4$.

La longueur W1, W1' correspond à la distance minimale entre un bord de la zone B de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement 28 d'un aimant permanent 30 le plus proche.

La figure 6a est une représentation graphique du couple T en fonction du ratio Dt/hap . Ce ratio a une valeur minimale de 0.3 pour garantir un couple supérieur au couple minimal T_{min} et une valeur maximale de 0.9 dans la mesure où une valeur supérieure ne permet pas d'obtenir une augmentation de couple significative, soit $0.3 \leq Dt/hap \leq 0.9$.

Afin de ne pas modifier les inductances de la machine électrique 10, le ratio $W1/Wap$ est de préférence compris entre 0.4 et 1, soit $0.4 \leq W1/Wap \leq 1$, tel que cela est illustré par la figure 6b.

Comme cela est visible sur les figures 7a et 7b, les zones B peuvent comporter plusieurs évidements 32 et ne pas être identiques l'une par rapport à l'autre. Dans l'exemple représenté, les évidements 32 présentent des formes triangulaires, rondes, ovales, trapézoïdales ou en forme de quadrilatère quelconque, mais toute autre forme est envisageable.

Comme on peut le voir sur la figure 8, la zone C de retrait de matière ferromagnétique est définie par les longueurs B1, B1', B2, B3, B3'.

La distance B1 ou B1' est la plus petite distance entre un bord de la zone C de retrait de matière ferromagnétique et l'axe X3 de pôle PM le plus proche.

La distance B2 est la plus petite distance entre un bord de la zone C de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie interne du rotor 11.

La distance B3 ou B3' est la plus petite distance entre un bord de la zone C de retrait de matière ferromagnétique et un bord de logement 28 d'un aimant permanent 30 le plus proche.

5 Comme cela est montré sur la figure 9a, afin d'obtenir une réduction de masse et donc d'inertie optimale, tout en conservant une bonne rigidité mécanique du rotor 11 à hautes vitesses, on vérifie que le ratio $(Dre/(2*B1)+Dre*1.2)$ soit compris entre 155 et 210, soit $155 < (Dre/(2*B1)+Dre*1.2) < 210$.

10 La zone C varie également en fonction du nombre de pôles PM de la machine électrique. Comme on peut le voir sur la figure 9b, le ratio $(P/(2*B1)+P*0.23)$ est avantageusement compris entre 1.5 et 4.5 afin d'obtenir des performances optimales, soit $1.5 < (P/(2*B1)+P*0.23) < 4.5$.

Les autres longueurs qui définissent les limites de la zone C dépendent de la distance B1 et sont définies comme suit: $B2 \geq 2*B1$ et $B3 \geq B1/2$.

15 Dans l'exemple de réalisation représenté $B1=B1'$ et $B3=B3'$ mais cela n'est pas indispensable.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

20 En outre, les différentes caractéristiques, variantes, et/ou formes de réalisation de la présente invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (10), notamment pour véhicule automobile, comportant un rotor (11) et un stator (12), caractérisée en ce que ledit rotor (11) comprend:

- 5 - un corps de rotor (27) en matière ferromagnétique comportant un paquet de tôles, et
- des pôles magnétiques (PM) définis chacun par des aimants permanents (30) disposés à l'intérieur de deux uniques logements (28) par pôle magnétique (PM) présentant, dans un plan orthogonal à un axe (X) de rotation du rotor (11), une forme en V,
- 10 - et en ce que, dans le plan orthogonal à l'axe (X) de rotation du rotor (11), un secteur angulaire (S) s'étendant entre deux axes (X3) de deux pôles magnétiques (PM) adjacents comporte:
- deux premières zones (A) de retrait de matière ferromagnétique s'étendant chacune entre un axe (X3) d'un pôle magnétique (PM) et un logement (28) d'un aimant permanent (30) adjacent,
- 15 - une deuxième zone (B) de retrait de matière ferromagnétique disposée
- entre les deux logements (28) et
- 20 entre une droite (K) de séparation de zone passant par le petit côté des aimants de chaque logement (28), le petit côté étant celui disposé le plus près de l'axe (X) de rotation du rotor (11), et une périphérie externe du rotor (11), et
- une troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique
- 25 disposée entre une périphérie interne du rotor (11) et la droite (K) de séparation de zone.

2. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'une distance minimale (L1) entre un bord d'une première zone (A) de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie externe du rotor (11) est comprise entre 0.2mm et 3mm.

30

3. Machine électrique tournante selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'un ratio entre:

- la somme d'une distance minimale (L2) entre un bord d'une première

zone (A) de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement (28) d'un aimant permanent (30) et une distance minimale (L3) entre un bord d'une première zone (A) de retrait de matière ferromagnétique et un axe (X3) de pôle magnétique (PM) le plus proche,

- 5 - divisée par une longueur (Hap) d'un plus grand côté d'un aimant permanent (30) dans un plan perpendiculaire à l'axe (X) de rotation du rotor,
 - est compris entre 0.1 et 0.4.

4. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que dans la deuxième zone (B) de
 10 retrait de matière ferromagnétique, un ratio entre

- une somme de longueurs minimales (Dt) de portions de matériau ferromagnétique depuis une périphérie externe du rotor (11) jusqu'à la droite (K) de séparation de zone,
 - divisée par une longueur (Hap) d'un plus grand côté d'un aimant
 15 permanent (30) dans un plan perpendiculaire à l'axe (X) de rotation du rotor (11) est compris entre 0.3 et 0.9.

5. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'un ratio entre une distance
 20 minimale (W1) entre un bord de la deuxième zone (B) de retrait de matière ferromagnétique et un bord d'un logement (28) d'un aimant permanent (30) le plus proche divisé par une longueur (Wap) d'un plus petit côté d'un aimant permanent (30) dans un plan perpendiculaire à l'axe (X) de rotation du rotor (11) est compris entre 0.4 et 1.

6. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'une somme entre:
 25

- un rapport entre le diamètre externe (Dre) du rotor (11) divisé par deux fois la plus petite distance (B1) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et un axe (X3) de pôle magnétique (PM) le plus proche et
 30 - une valeur égale à 1.2 fois le diamètre externe (Dre) du rotor (11),
 - est comprise entre 155 et 210.

7. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'une somme entre:

- un ratio entre un nombre de paires de pôles (p) divisé par deux fois la plus petite distance (B1) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et un axe (X3) de pôle magnétique (PM) le plus proche et

- 5 - une valeur égale à 0.23 le nombre de paires de pôles (p),
 - est comprise entre 1.5 et 4.5.

8. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'une plus petite distance (B2) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et une périphérie interne du rotor (11) est supérieure ou égale à deux fois une plus petite distance (B1) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et un axe (X3) d'un pôle magnétique (PM) le plus proche.

9. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'une plus petite distance (B3) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et un bord de logement (28) d'un aimant permanent (30) le plus proche est supérieure ou égale à la moitié de la plus petite distance (B1) entre un bord de la troisième zone (C) de retrait de matière ferromagnétique et un axe (X3) d'un pôle magnétique (PM) le plus proche.

10. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle présente une configuration à flux radial.

11. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le stator (12) comporte des enroulements couplés en triangle ou en double triangle ou en étoile ou en double étoile.

12. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce qu'elle comporte un nombre de pôles magnétiques (PM) sélectionné parmi 4, 6, 8, 10, 12, 14 ou 16.

13. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des

revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'elle présente une tension de fonctionnement comprise entre 24 et 60 Volts continue.

14. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisée en ce qu'elle présente une puissance
5 comprise entre 10kW et 50kW.

15. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisée en ce qu'un diamètre externe du stator (12) est compris entre 80mm et 180mm.

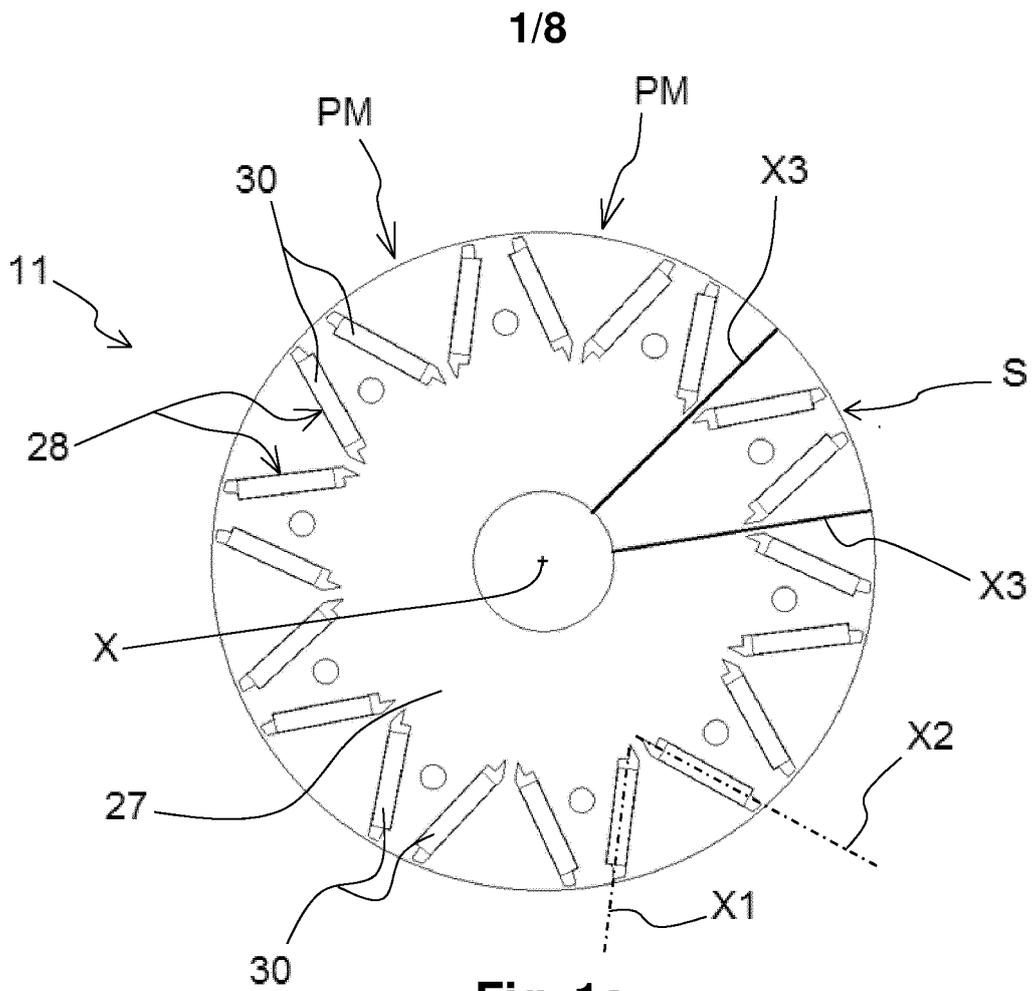


Fig. 1a

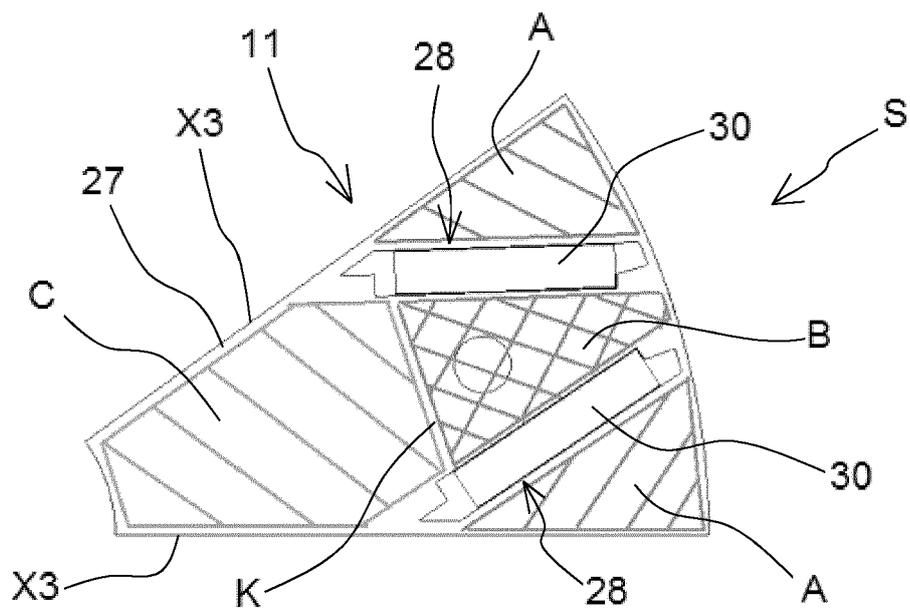


Fig. 1b

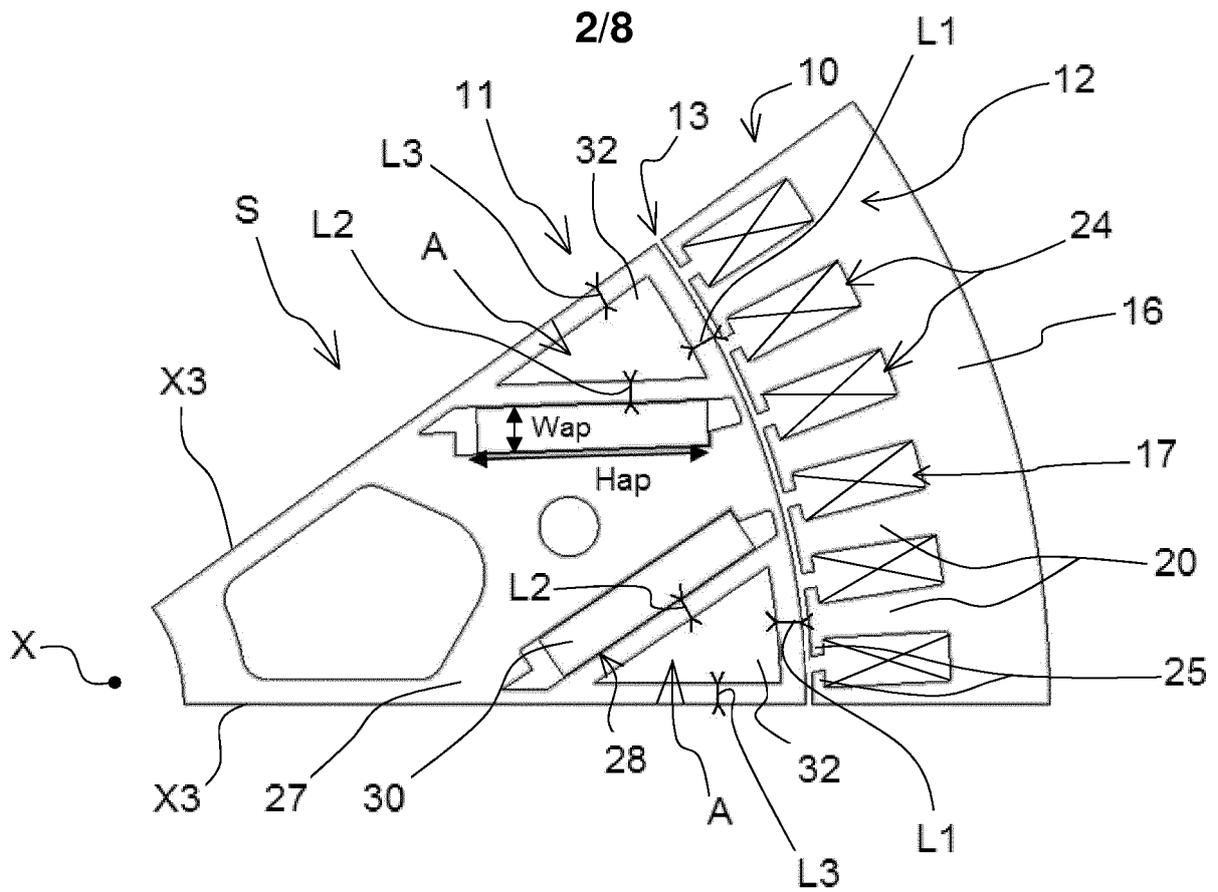


Fig. 2

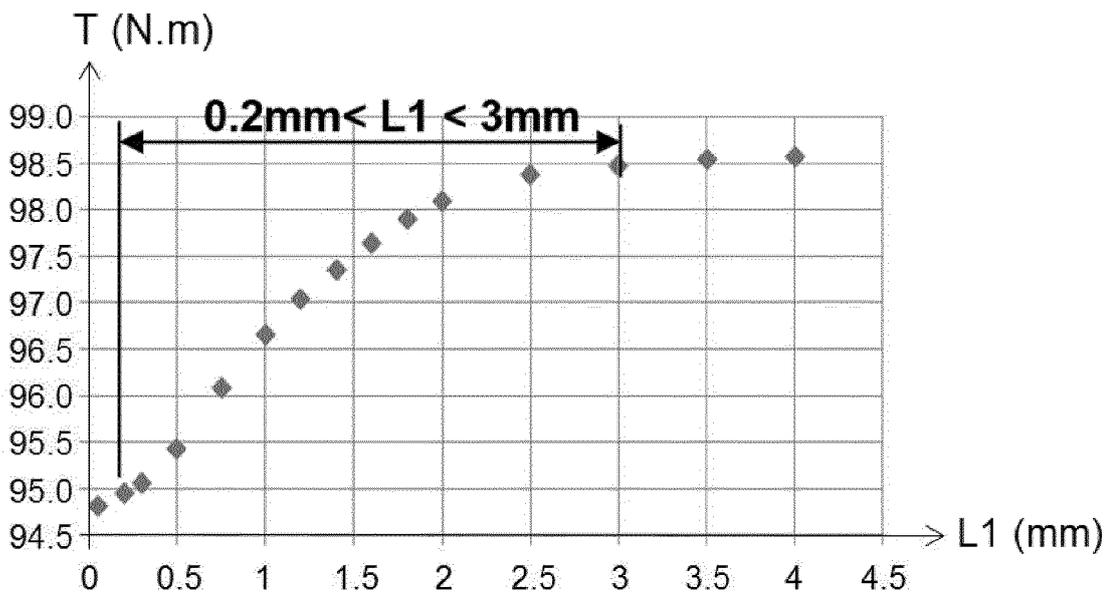


Fig. 3a

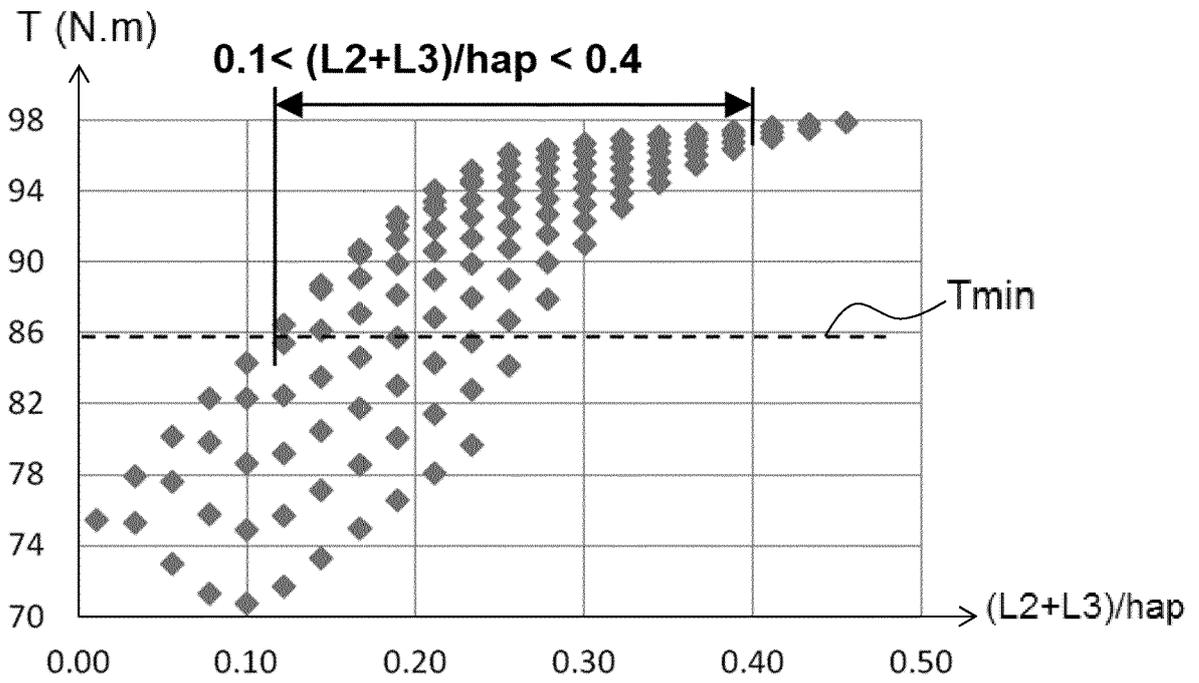


Fig. 3b

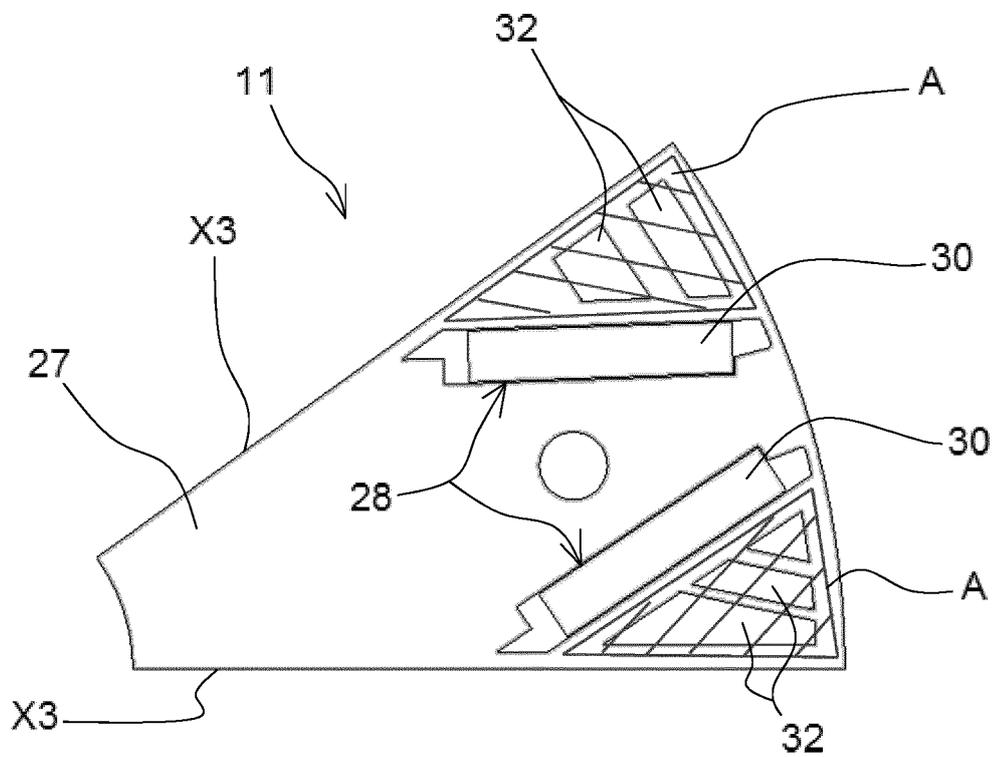


Fig. 4a

4/8

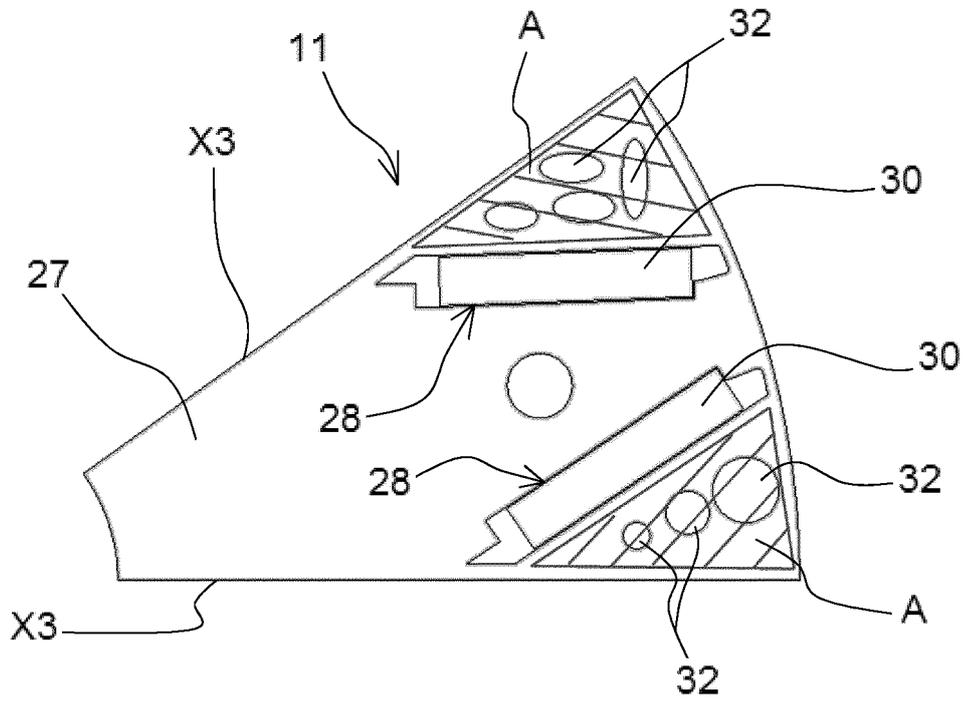


Fig. 4b

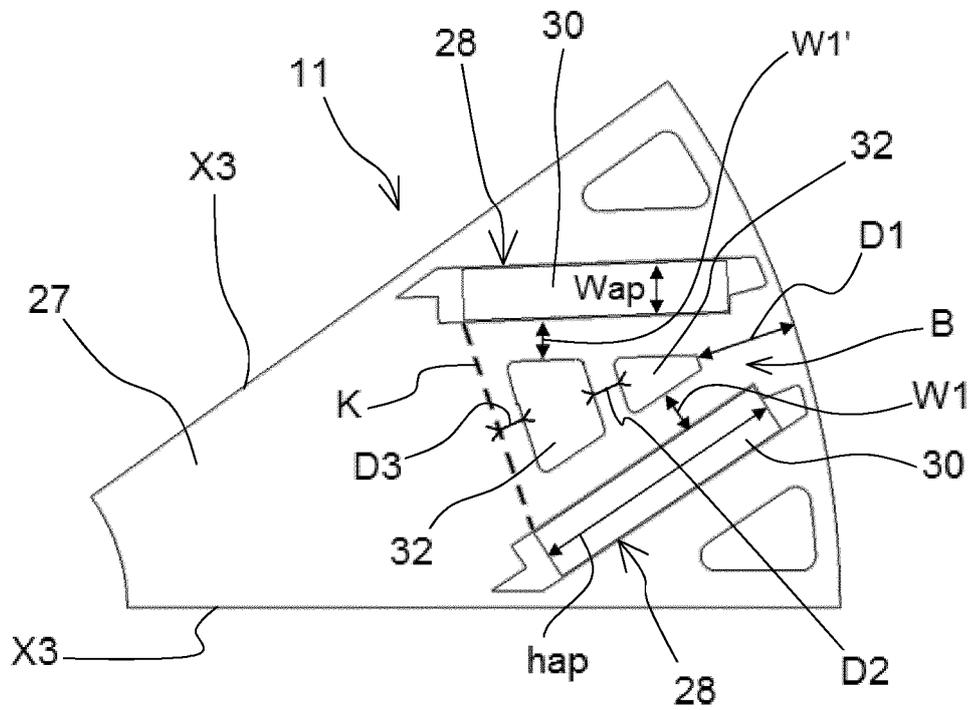
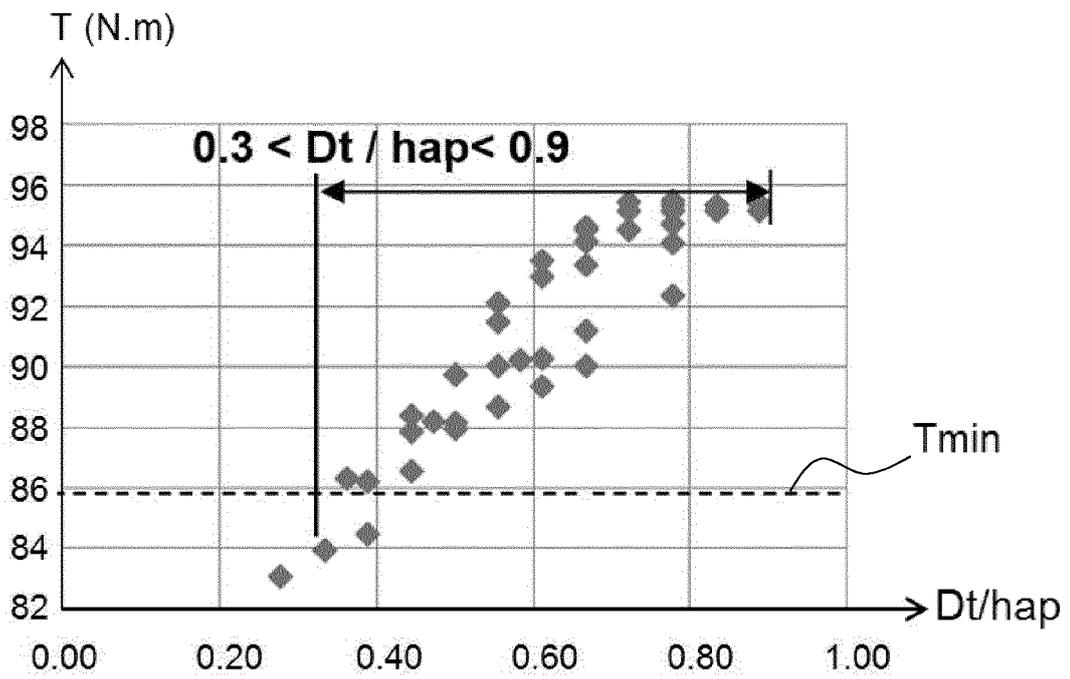
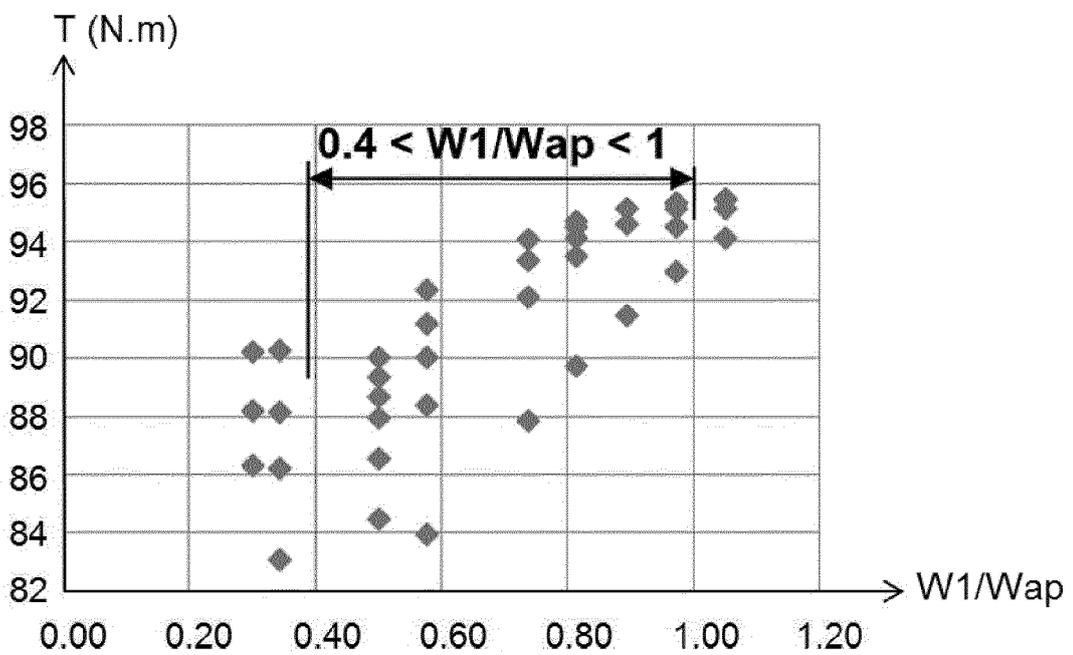


Fig. 5

**Fig. 6a****Fig. 6b**

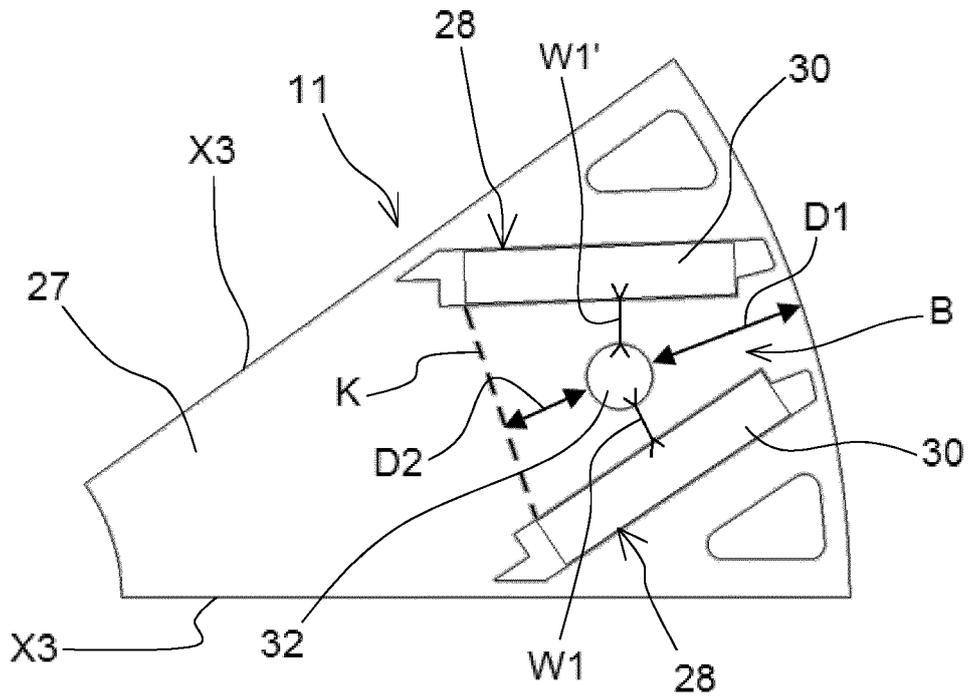


Fig. 7a

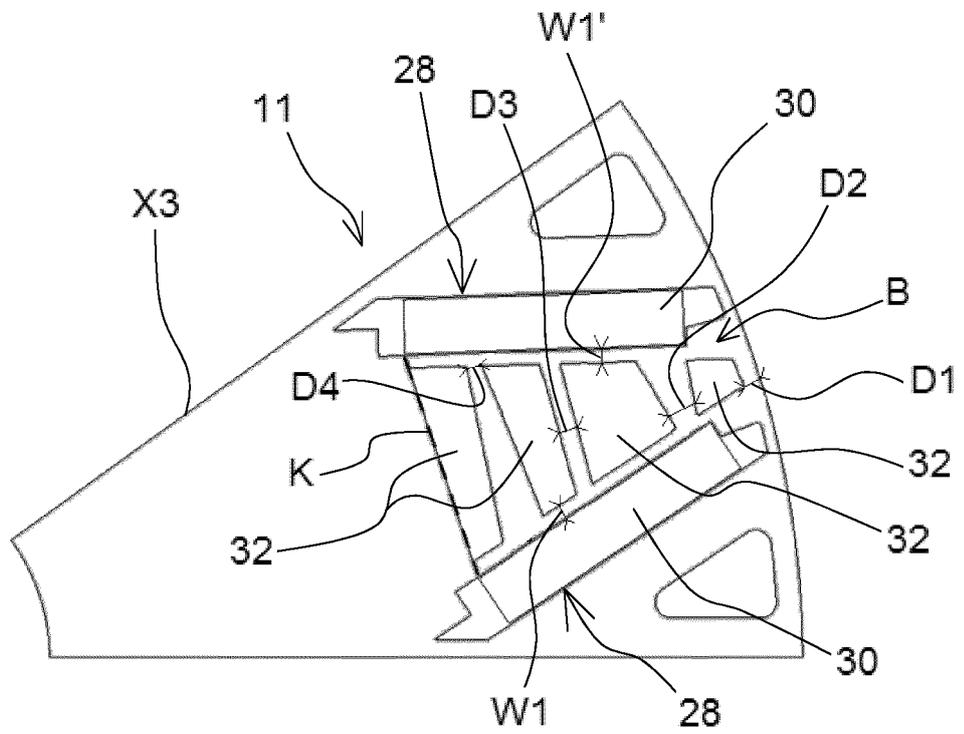


Fig. 7b

7/8

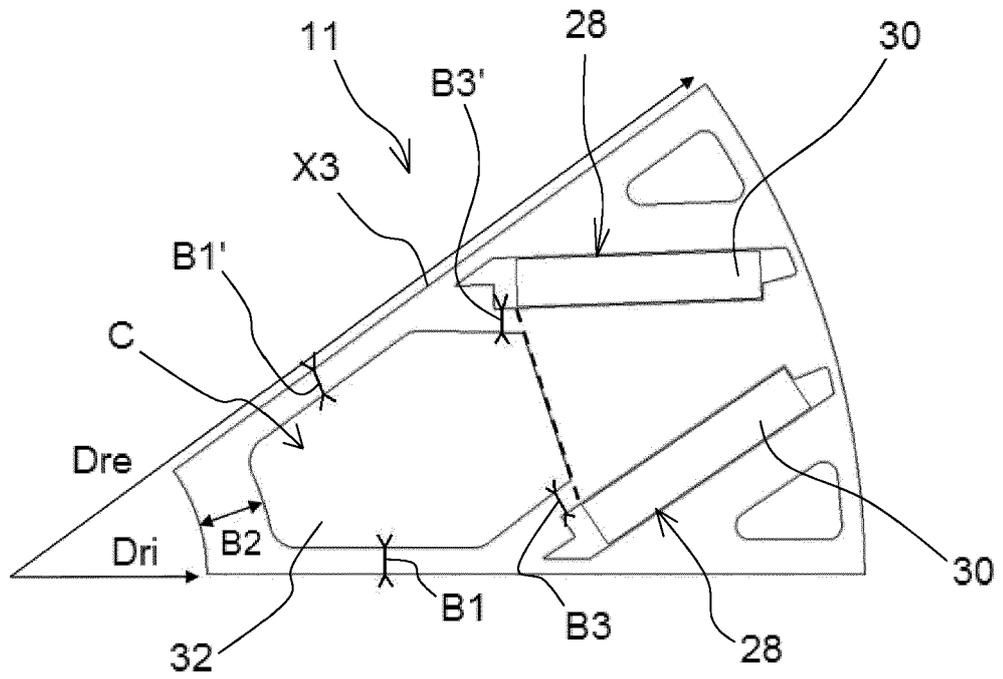


Fig. 8

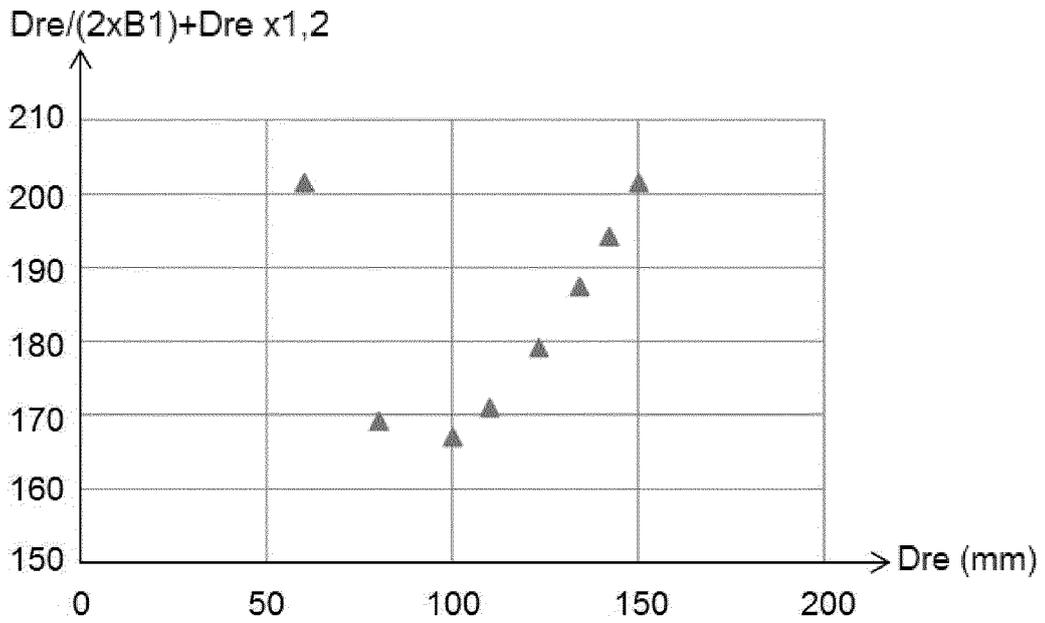


Fig. 9a

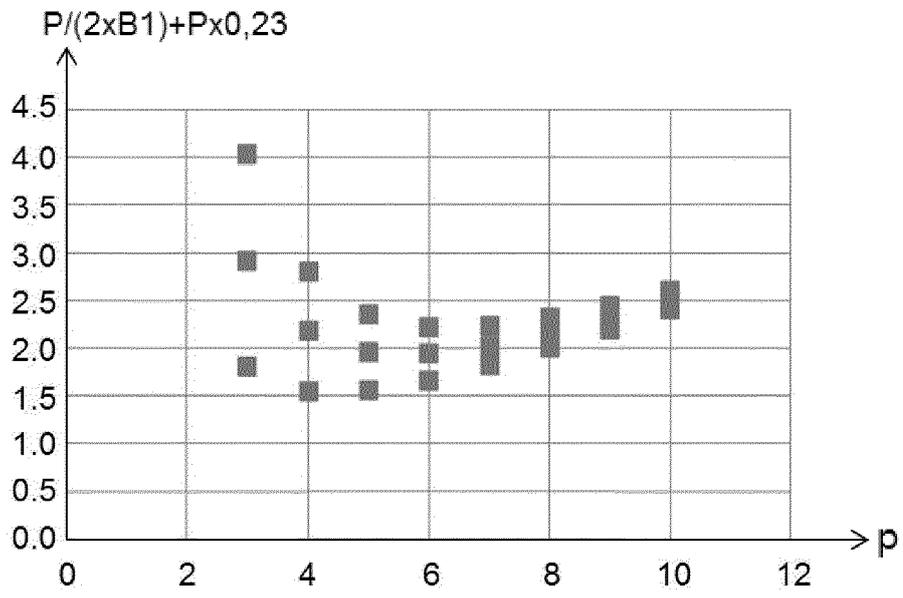


Fig. 9b



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 858331
FR 1858296

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/224558 A1 (IONEL DAN M [US]) 18 septembre 2008 (2008-09-18) * alinéa [0056] - alinéa [0061] * * figures 1-33 *	1,2,8-15	H02K1/27
A	US 2017/057373 A1 (HAO LEI [US] ET AL) 2 mars 2017 (2017-03-02) * alinéa [0022] - alinéa [0027] * * figures 1-8 *	13-15	
A	US 2017/317540 A1 (LALDIN OMAR ABDUL RAHMAN [US]) 2 novembre 2017 (2017-11-02) * abrégé *	1-15	
A	US 2014/125183 A1 (TAKAHASHI YUKI [JP]) 8 mai 2014 (2014-05-08) * abrégé *	1-15	
A	US 2016/285328 A1 (KIM SUN JIN [KR] ET AL) 29 septembre 2016 (2016-09-29) * figures 8-12 *	1-15	
A	US 2014/225470 A1 (YAMAGUCHI TADASHI [JP] ET AL) 14 août 2014 (2014-08-14) * abrégé *	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02K
A	US 2017/366056 A1 (TANG CHUN [US] ET AL) 21 décembre 2017 (2017-12-21) * abrégé *	1-15	
A	US 2018/175682 A1 (TANG CHUN [US] ET AL) 21 juin 2018 (2018-06-21) * abrégé *	1-15	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 mai 2019		Arpaci, Mutlu	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1858296 FA 858331**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-05-2019**

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 2008224558 A1	18-09-2008	US 2008224558 A1 WO 2008113082 A1	18-09-2008 18-09-2008
US 2017057373 A1	02-03-2017	CN 106487185 A US 2017057373 A1	08-03-2017 02-03-2017
US 2017317540 A1	02-11-2017	US 2017317540 A1 WO 2017190090 A1	02-11-2017 02-11-2017
US 2014125183 A1	08-05-2014	JP 5765317 B2 JP 2014093860 A US 2014125183 A1	19-08-2015 19-05-2014 08-05-2014
US 2016285328 A1	29-09-2016	KR 20160114879 A US 2016285328 A1	06-10-2016 29-09-2016
US 2014225470 A1	14-08-2014	CN 103997144 A JP 6126859 B2 JP 2014158331 A US 2014225470 A1	20-08-2014 10-05-2017 28-08-2014 14-08-2014
US 2017366056 A1	21-12-2017	CN 107528397 A DE 102017113193 A1 US 2017366056 A1	29-12-2017 21-12-2017 21-12-2017
US 2018175682 A1	21-06-2018	CN 108206596 A DE 102017130222 A1 US 2018175682 A1	26-06-2018 21-06-2018 21-06-2018