

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.03.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.09.23 Bulletin 23/36.

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) : WHYLOT SAS — FR.

72 Inventeur(s) : RAVAUD ROMAIN et MOREL SIMON.

73 Titulaire(s) : WHYLOT SAS.

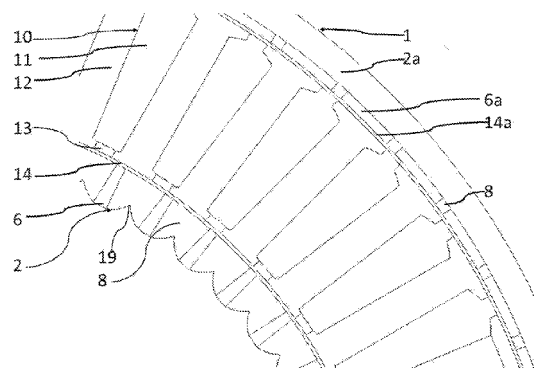
54 Mots-clés : **Moteur électromagnétique à concentration de flux
magnétique.**

57 L'invention concerne un moteur (1) électromagnétique

comprenant un rotor interne (2) et un rotor externe (2a) concentriques par rapport à un axe de rotation (3) central, les rotors (2, 2a) intercalant entre eux un stator (10) avec un entrefer (14, 14a) entre le stator (10) et chaque rotor (2, 2a), chaque

rotor (2, 2a) étant muni d'un circuit magnétique (8) de circulation de flux magnétique en vis-à-vis d'un entrefer (14, 14a) respectif et portant des aimants (6, 6a). Le rotor externe (2a) porte des aimants surfaciques (6a) positionnés dans ou sur le circuit magnétique (8) associé en affleurant du circuit magnétique (8) vers l'entrefer (14, 14a) du rotor externe (2a) avec le stator (10). Le rotor interne (2) porte des aimants (6) disposés pour effectuer une concentration de flux en étant enterrés et positionnés radialement dans le circuit magnétique (8) du rotor interne (2).

Figure de l'abrégé : FIGURE 1



Description

Titre de l'invention : Moteur électromagnétique à concentration de flux magnétique

- [0001] L'invention concerne un moteur électromagnétique d'entraînement d'un organe disposé extérieurement au moteur en l'enveloppant au moins partiellement, notamment en l'intégrant en son intérieur, ou en étant adossé au moteur, le moteur présentant des aimants sur son rotor agencé pour effectuer une concentration de flux magnétique.
- [0002] Dans un mode de réalisation non limitatif de la présente invention, le moteur est logé dans une roue d'un moyen de transport pour la propulsion du moyen de transport en formant ainsi ce qui est dénommé un moteur roue. Dans le cas d'un moyen de transport ou véhicule muni de plusieurs roues, un tel moteur peut être implanté dans chaque roue du véhicule.
- [0003] Un tel moteur d'entraînement d'un organe disposé extérieurement au moteur en l'enveloppant au moins partiellement ou en étant adossé au moteur s'adresse notamment à des applications à faible vitesse et fort couple dans un encombrement restreint de forme sensiblement discoïde.
- [0004] Pour ce faire, il est connu d'utiliser un moteur électromagnétique comprenant un rotor portant des aimants permanents et un stator portant des bobinages, le stator et le rotor délimitant entre eux un entrefer.
- [0005] Un tel moteur à un seul entrefer bien que d'un encombrement réduit qui est favorable à son implantation dans un organe à entraîner présente le grand désavantage de ne pas délivrer un fort couple.
- [0006] Le document FR-A-2 881 290 décrit une roue électrique ou moteur roue comprenant un moteur incorporé dans la roue pour son entraînement. Le moteur comprend un stator et un rotor relié à un système de transmission de couple afin de transmettre un couple à la roue.
- [0007] Dans une forme de réalisation, le rotor présente deux générateurs de champ ou rotors délimitant chacun avec le stator un entrefer, chaque générateur de champ ou rotor comprenant des aimants à pôles magnétisés dans une direction radiale par rapport à un axe de rotation du moteur et des aimants de culasse magnétisés dont chacun est placé entre deux aimants à pôles adjacents pour renforcer le champ magnétique formé par les aimants à pôles.
- [0008] La présence d'aimants de culasse diminue cependant la place allouée aux aimants à pôles dans l'encombrement nécessairement réduit du moteur.
- [0009] Le problème à la base de la présente invention est de concevoir un moteur électromagnétique destiné à l'entraînement d'un organe associé avec une puissance volumique

augmenté tout en restant le plus compact possible par une augmentation significative des surfaces d'échanges magnétiques par rapport à un moteur selon l'état de la technique.

- [0010] A cet effet, la présente invention concerne un moteur électromagnétique comprenant un rotor interne et un rotor externe concentriques par rapport à un axe de rotation central, les rotors intercalant entre eux un stator avec un entrefer entre le stator et chaque rotor, chaque rotor étant muni d'un circuit magnétique de circulation de flux magnétique en vis-à-vis d'un entrefer respectif et portant des aimants, caractérisé en ce que, pour le rotor externe, ses aimants sont des aimants surfaciques positionnés dans ou sur le circuit magnétique associé en affleurant du circuit magnétique vers l'entrefer du rotor externe avec le stator et que, pour le rotor interne, ses aimants sont disposés pour effectuer une concentration de flux en étant enterrés et positionnés radialement dans le circuit magnétique du rotor interne.
- [0011] Par aimant surfacique, il est entendu des aimants dépassant au moins partiellement du circuit magnétique. Ces aimants surfaciques peuvent être solidarisés avec le circuit magnétique par tout moyen, notamment par collage sans pénétrer dans le circuit magnétique.
- [0012] En alternative, ces aimants surfaciques peuvent être semi-enterrés dans le circuit magnétique jusqu'à ne dépasser que légèrement du circuit magnétique, donc non complètement enterrés de tout côté par le circuit magnétique.
- [0013] Par aimants effectuant une concentration de flux, il est entendu des aimants positionnés radialement dans le rotor avec une aimantation orthoradiale.
- [0014] La superposition des flux provenant des deux aimants s'écartant l'un de l'autre plus les parties d'aimant sont proches de l'entrefer crée un flux résultant au niveau de la surface d'entrefer qui peut être supérieur au simple flux créé par un aimant surfacique.
- [0015] Cela s'explique en partie du fait que la somme des surfaces des aimants peut être supérieure à la surface disponible pour la mise en place d'un aimant surfacique.
- [0016] Ainsi positionner les aimants en effectuant une concentration de flux permet d'améliorer la puissance volumique dans les applications où la compacité est un fort enjeu, dans le sens où l'on vient exploiter un volume supplémentaire au rotor interne par rapport à un moteur à aimants surfaciques.
- [0017] Un tel moteur permet d'atteindre un couple volumique élevé dans un encombrement réduit, par une meilleure utilisation du volume alloué d'où une meilleure puissance volumique.
- [0018] Afin d'obtenir un couple volumique élevé, on se permet d'atteindre des densités de courant comprises entre 15 et 20 A/mm². Un tel moteur permet d'atteindre une valeur d'entrefer faible pour l'instant limité à 0,8 millimètres.
- [0019] Lorsqu'un moteur présente un nombre de paires de pôles élevé, son architecture

présente généralement un diamètre d'alésage interne élevé, conséquence d'un diamètre d'entrefer élevé propice à la création de couple. Ce constat est valable que le moteur soit à rotor interne ou externe.

- [0020] Une solution pour pouvoir encore gagner en couple est d'utiliser ce volume interne en passant à une architecture à double entrefers avec un stator et deux rotors, ce que préconise la présente invention.
- [0021] En se permettant d'augmenter la surface d'échange électromagnétique en positionnant, par exemple, à la fois autour d'un axe interne et sur la périphérie, on a l'équivalent de « deux moteurs en un ». Cela permet de pouvoir augmenter le couple du moteur dans l'encombrement donné.
- [0022] Une architecture effectuant une concentration de flux présente également un intérêt mécanique par rapport à une architecture à aimants surfaciques, notamment en ce qui concerne la tenue radiale des aimants, les aimants étant enterrés donc solidement solidarisés au circuit magnétique et au rotor les portant.
- [0023] Il a été identifié qu'un moteur à aimants effectuant une concentration de flux sur le rotor interne, en plus de présenter une augmentation du couple volumique par rapport à un moteur à aimants classique, permet de lisser une ondulation de couple pouvant survenir.
- [0024] Avantageusement, les aimants sont segmentés ou pixelisés.
- [0025] Par segmenté, il est entendu que les aimants sont découpés en bandes ou barrettes relativement longues comparées à des surfaces géométriques plus petites obtenues par pixelisation, par exemple des cubes, des cylindres ou des formes polygonales. Des aimants unitaires pixelisés sont donc sous la forme de plots de faible section comparés à des aimants segmentés.
- [0026] Avantageusement, les aimants unitaires sont sous la forme de barrettes parallélépipédiques ou de plots à section circulaire, cylindrique ou polygonale.
- [0027] Un aimant de dimensions importantes est sujet à des pertes par courants de Foucault plus importantes que son équivalent en petits ou micro-aimants. L'utilisation de petits aimants ou de micro-aimants permet donc de réduire ces pertes qui sont préjudiciables au fonctionnement du rotor.
- [0028] De ce fait, dans chaque rotor, les pertes par courant de Foucault dans les aimants ont été considérablement réduites en proposant des rotors sans fer ou en proposant des pôles d'aimant constitués d'une pluralité d'aimants unitaires de petite taille.
- [0029] Avantageusement, une largeur des aimants du rotor interne croît en éloignement de l'entrefer du rotor interne avec le stator.
- [0030] La largeur variable d'aimant effectuant une concentration de flux permet une meilleure création de la concentration de flux dans le cas d'un moteur avec un nombre élevé de paires de pôles, ce qui est fréquemment le cas pour un moteur électroma-

gnétique selon la présente invention.

- [0031] Avantageusement, le circuit magnétique du rotor interne comporte un évidement sur un bord du circuit magnétique opposé à l'entrefer entre le stator et le rotor interne.
- [0032] Cet évidement ou zone en retrait vise à augmenter la réluctance de fuite afin de limiter les flux de fuite de l'aimant et donc à optimiser l'utilisation de l'aimant.
- [0033] Avantageusement, le stator comporte un noyau d'armature portant des dents présentant des collerettes à chacune de leurs extrémités longitudinales orientées vers un rotor respectif, deux dents adjacentes laissant entre elles une encoche pour un bobinage, l'encoche étant rétrécie par les collerettes des deux dents adjacentes à chacune de leurs extrémités longitudinales.
- [0034] Avantageusement, les encoches reçoivent des bobinages à pas fractionnaire.
- [0035] Avantageusement, le moteur comprend une frette recouvrant circonférentiellement les aimants du rotor externe.
- [0036] Une telle frette permet d'éviter le décollement des aimants de leur rotor associé.
- [0037] Avantageusement, des masses des aimants des rotors interne et externe sont respectivement sélectionnées l'une par rapport à l'autre afin que les rotors interne et externe atteignent un niveau d'induction équivalent.
- [0038] Un niveau d'induction équivalent est une condition nécessaire au bon dimensionnement du circuit magnétique d'un moteur de manière générale.
- [0039] Avantageusement, le moteur est à flux radial, les rotors externe et interne étant respectivement sous forme d'une couronne perpendiculaire à l'axe de rotation, chaque couronne étant prolongée par une portion cylindrique reliée au bord externe de la couronne et s'étendant à distance le long de l'axe de rotation.
- [0040] Avantageusement, les rotors sont liés mécaniquement l'un par rapport à l'autre par une pièce de liaison par rapport au plan orthogonal à l'axe de rotation.
- [0041] D'un point de vue théorique, une liaison mécanique par pièce de liaison n'est pas nécessaire mais en pratique cela simplifie grandement la stabilité du moteur en rendant impossible le décrochage d'un rotor.
- [0042] L'invention concerne aussi un organe entraîné par un tel moteur, l'organe étant disposé extérieurement au moteur en l'enveloppant au moins partiellement ou en étant adossé au moteur.
- [0043] Avantageusement, l'organe est une roue entraînée en rotation par ledit moteur, la roue logeant le moteur en son intérieur.
- [0044] L'invention concerne enfin un moyen de transport comprenant au moins un tel organe sous la forme d'une roue entraînée en rotation par ledit moteur, le moyen de transport présentant un moyen de suspension de la roue en laissant la roue libre en rotation.
- [0045] Les dessins annexés illustrent l'invention :

- [0046] [Fig.1] représente une vue en coupe d'une portion d'un moteur électromagnétique avec un stator intercalé entre deux rotors, le rotor externe portant des aimants surfaciques et le rotor interne portant des aimants configurés pour obtenir une concentration de flux selon une forme de réalisation de la présente invention,
- [0047] [Fig.2] représente une vue en perspective un rotor interne portant des aimants configurés pour obtenir une concentration de flux et un rotor externe portant des aimants surfaciques, ces rotors faisant partie d'un moteur électromagnétique selon une forme de réalisation de la présente invention,
- [0048] [Fig.3] représente une courbe de couple magnétique total délivré par un moteur électromagnétique selon la présente invention,
- [0049] [Fig.4] représente un aimant permettant une concentration de flux quand positionné avec d'autres aimants similaires sur le rotor interne d'un moteur électromagnétique selon la présente invention, l'aimant étant segmenté en plusieurs barrettes latérales formant chacune un aimant unitaire,
- [0050] [Fig.5] représente un aimant permettant une concentration de flux quand positionné avec d'autres aimants similaires sur le rotor interne d'un moteur électromagnétique selon la présente invention, l'aimant étant segmenté en plusieurs barrettes longitudinales formant chacune un aimant unitaire,
- [0051] [Fig.6] représente un aimant permettant une concentration de flux quand positionné avec d'autres aimants similaires sur le rotor interne d'un moteur électromagnétique selon la présente invention, l'aimant étant pixelisé en plusieurs petits aimants unitaires sous forme de plots de section carrée,
- [0052] [Fig.7] représente un aimant permettant une concentration de flux quand positionné avec d'autres aimants similaires sur le rotor interne d'un moteur électromagnétique selon la présente invention, l'aimant étant pixelisé en plusieurs petits aimants unitaires sous forme de plots de section hexagonale,
- [0053] [Fig.8] représente une vue en coupe d'une jante de roue comprenant un moteur électromagnétique selon la présente invention,
- [0054] [Fig.9] représente une vue de dessous d'un moyen de transport comportant quatre roues, chacune des roues étant dotée d'un moteur électromagnétique selon la présente invention.
- [0055] Dans ce qui va suivre, il est fait référence à toutes les figures prises en combinaison. Quand il est fait référence à une figure spécifique, cette figure est à prendre en combinaison avec les autres figures pour la reconnaissance des références numériques désignées.
- [0056] Aux figures, quand présents, seul un aimant ou pôle d'aimant et seul un petit aimant unitaire faisant partie d'un aimant formant pôle d'aimant sont référencés mais ce qui est énoncé respectivement pour l'aimant formant pôle et l'aimant unitaire est valide

respectivement pour tous les aimants formant pôle et tous les aimants unitaires.

[0057] Il en va de même à la [Fig.1] pour les éléments du stator qui ne sont référencés que pour un seul élément du même type ainsi que pour les évidements du circuit magnétique à la [Fig.1].

[0058] En se référant à toutes les figures et notamment dans un premier lieu aux figures 1 et 2, l'invention concerne un moteur 1 d'entraînement qui est destiné à être associé à un organe 15 à entraîner en étant logé au moins partiellement dans l'organe 15 ou en se trouvant adossé à l'organe 15.

[0059] Le moteur 1 comprend un rotor interne 2 et un rotor externe 2a concentriques par rapport à un axe de rotation 3 central, les rotors 2, 2a intercalant entre eux un stator 10 avec un entrefer 14, 14a entre le stator 10 et chaque rotor 2, 2a. Chaque rotor 2, 2a est muni d'un circuit magnétique 8 de circulation de flux magnétique en vis-à-vis d'un entrefer 14, 14a respectif et portant des aimants 6, 6a. Une culasse rotorique interne et externe ainsi que les dents 11 forment le circuit magnétique 8 du moteur 1.

[0060] Selon l'invention, pour le rotor externe 2a, ses aimants sont des aimants surfaciques 6a positionnés dans ou sur le circuit magnétique 8 associé en affleurant du circuit magnétique 8 vers l'entrefer 14, 14a du rotor externe 2a avec le stator 10 et, pour le rotor interne 2, ses aimants 6 sont disposés pour effectuer une concentration de flux en étant enterrés et positionnés radialement dans le circuit magnétique 8 du rotor interne 2.

[0061] Pour un premier type d'aimant surfacique 6a, l'aimant 6a est positionné sur le circuit magnétique 8 du rotor associé sans présence d'un logement pour le recevoir, donc collé sur le circuit magnétique 8.

[0062] Un second type d'aimant surfacique regroupe des aimants 6a insérés partiellement dans un logement mais en débordant au moins légèrement de leur logement, ces aimants étant qualifiés d'aimants semi-enterrés.

[0063] Ces aimants surfaciques 6a semi-enterrés ou encastrés présentent l'intérêt d'ajouter un couple réductant qui peut être utilisé afin de limiter le volume d'aimant ou l'intensité du courant à couple donné. Les gains théoriques sont cependant à relativiser à cause des potentielles fuites entre les aimants 6a alors plus importantes.

[0064] Les avantages d'un aimant surfacique 6a du premier ou du deuxième type sont une utilisation optimale des aimants surfaciques 6a pour la création de couple aux rotors 2, 2a interne et externe et une limitation du flux de fuite inter-aimants.

[0065] En ce qui concerne le rotor interne, la concentration de flux consiste en un positionnement radial des aimants 6 avec une aimantation ortho-radiale. La superposition des flux provenant des deux aimants 6 se faisant face crée un flux résultant au niveau de la surface d'entrefer 14 qui peut être supérieur au simple flux créé par un aimant surfacique 6a quand porté par un rotor interne similaire. Cela s'explique en partie du fait que la somme des surfaces des aimants 6 peut être supérieure à la surface

disponible pour la mise en place d'un aimant surfacique 6a.

- [0066] Comme dans une concentration de flux les aimants 6 sont enterrés, ceci présente l'intérêt majeur de limiter le risque de désaimantation des aimants 6 et de se passer de l'utilisation d'une frette en tout cas pour le rotor interne 2.
- [0067] Les aimants 6 enterrés sont aussi plus rigidement maintenus en place dans le circuit magnétique 8 que des aimants surfaciques 6a collés sur le circuit magnétique 8 ou semi-enterrés.
- [0068] La [Fig.1] représente l'architecture du moteur 1 avec concentration de flux au rotor interne 2 avec des aimants 6 et un rotor externe 2a avec des aimants surfaciques 6a.
- [0069] Au rayon interne du rotor interne 2, Le circuit magnétique 8 présente un évidement 19 sur un bord du circuit magnétique 8 opposé à l'entrefer 14 entre le stator 10 et le rotor interne 2.
- [0070] Cet évidement 19 ou enlèvement de matière peut créer une zone en retrait de forme conique pointant vers l'entrefer 14 et à distance de celui-ci. Cette zone en retrait peut s'enfoncer de moins de la moitié de la profondeur du circuit magnétique 8 prise radialement dans le rotor interne 2.
- [0071] Cet évidement 19 ou zone en retrait permet d'augmenter la réluctance de fuite des aimants 6 de concentration de flux. Il peut y avoir des pertes de champ magnétique rendant une partie de l'aimant 6 inutile à la création de couple.
- [0072] La présence des évidements 19, chaque évidement 19 se trouvant entre deux aimants 6 à concentration de flux adjacents et à égale distance des deux aimants 6, rend théoriquement la présence de flux de fuite limitée par rapport à un circuit magnétique 8 plein.
- [0073] Une autre caractéristique optionnelle avantageuse est qu'une largeur des aimants 6 du rotor interne 2 effectuant une concentration de flux croît en éloignement de l'entrefer 14 du rotor interne 2 avec le stator 10, la largeur des aimants 6 étant perpendiculaire à la longueur des aimants 6 prise dans le sens radial. Ceci permet d'améliorer la concentration de flux.
- [0074] Un nombre de pôles d'aimant 6 effectuant une concentration de flux sur le rotor interne 2 peut être égal à un nombre de pôles d'aimants surfaciques 6a sur le rotor externe 2a, bien que leur positionnement soit différent, les aimants surfaciques 6a s'étendant circonférentiellement dans leur circuit magnétique 8 sur le rotor externe 2a et les aimants 6 effectuant une concentration de flux s'étendant radialement dans leur circuit magnétique 8 sur le rotor interne 2.
- [0075] Dans cette configuration, les lignes de champs traversent donc les deux rotors 2, 2a.
- [0076] Il s'est avéré que la densité de courant reste globalement inchangée pour un moteur 1 à aimants 6 effectuant une concentration de flux au rotor interne 2 et à aimants surfaciques 6a au rotor externe 2a par rapport à un moteur à aimants surfaciques aux

rotors interne et externe, un tel rotor n'étant pas montré aux figures.

- [0077] Le couple généré par le rotor externe 2a est également globalement identique pour les deux architectures de moteur 1. Par contre, c'est le couple généré par le rotor interne 2 à aimants 6 effectuant une concentration de flux qui a augmenté de 43% par rapport à un moteur à rotor interne à aimants surfaciques permettant maintenant de fournir environ 40% du couple du moteur 1 contre 33% précédemment, d'où une augmentation du couple total du moteur 1.
- [0078] Par exemple, au niveau du rotor interne 2, l'induction atteint 1,8 Tesla expliquant le gain en couple.
- [0079] Le stator 10 peut comporter un noyau d'armature portant des dents 11 présentant des collerettes 13, aussi dénommées isthmes, à chacune de leurs extrémités longitudinales orientées vers un rotor respectif.
- [0080] Deux dents 11 adjacentes peuvent laisser entre elles une encoche 12 pour un bobinage, l'encoche 12 étant rétrécie latéralement par les collerettes 13 des deux dents 11 adjacentes à chacune de leurs extrémités longitudinales.
- [0081] Les encoches 12 peuvent recevoir des bobinages à pas fractionnaire.
- [0082] Il n'est pas possible d'augmenter l'épaisseur des dents 11 pour améliorer la tenue mécanique en augmentant la profondeur d'encoche, ce qui rendrait le bobinage impossible à réaliser. Comme l'encombrement est fixé, il est donc nécessaire de diminuer le nombre d'encoches 12.
- [0083] Plutôt que de diminuer également le nombre de paires de pôles afin de garder la même architecture de bobinage, il peut être avantageux d'utiliser des bobinages à pas fractionnaire présentant l'opportunité de pouvoir diminuer l'ondulation de couple par la même occasion.
- [0084] La [Fig.3] présente le couple électromagnétique totale référencé $C_{mag\ t}$ et mesuré en Newton. mètre ou N/m en fonction du temps. A cette figure, il peut être observé une très faible ondulation de couple de l'ordre de moins de 5%, avantageusement de 1 à 5%.
- [0085] La densité de courant peut atteindre 18 A/mm². S'il est possible d'atteindre cette densité de courant lors de pics avec un refroidissement à eau, un fonctionnement continu peut exiger la mise en place d'un refroidissement à huile. La justification du refroidissement dépendra aussi de la constante de temps thermique du moteur 1 et de l'élévation de température réelle dans les enroulements des bobinages pendant la durée de fonctionnement.
- [0086] Sans que cela soit limitatif, pour un moteur 1 avec rotor interne 2 comprenant des aimants 6 effectuant une concentration de flux, avec 28 paires de pôles, il a été trouvé que le nombre d'encoches 12 donnant le meilleur coefficient de bobinage est de 48. Cela permet aussi de garder un nombre de symétries de 4, ce qui serait un avantage sur

le plan vibro-acoustique.

- [0087] Une diminution du nombre d'encoches 12 dans le stator 10 a permis d'augmenter le rayon de l'entrefer 14 interne permettant au passage de diminuer la masse et le volume d'aimant 6, 6a global du moteur 1 compensé par l'augmentation du couple résultant.
- [0088] A couple total quasiment identique, la masse du moteur 1 a été diminuée de 29 % avec une légère augmentation de la densité de courant de 3,2%. De plus, d'un point de vue qualitatif, la géométrie du stator 10 paraît plus cohérente du point de vue de la tenue mécanique des dents 11 et de la possibilité de bobiner.
- [0089] Les pertes cuivre continues sont de l'ordre de 10kW, ce qui limite le rendement à une valeur inférieure à 94% pour ce point de fonctionnement.
- [0090] Des masses des aimants 6, 6a des rotors 2, 2a interne et externe peuvent être respectivement sélectionnées l'une par rapport à l'autre afin que les rotors 2, 2a interne et externe atteignent un niveau d'induction équivalent.
- [0091] Un tel moteur 1 peut présenter une masse des parties actives estimée à presque 70 kg, ce qui implique une puissance massique relativement faible malgré le couple élevé.
- [0092] Il s'est avéré que, pour un moteur 1 selon la présente invention avec les caractéristiques précédemment mentionnées recherchant un couple volumique et/ou un couple massique le plus élevé possible pour des vitesses de rotation de l'ordre de 1.500 rotations par minute, les pertes pouvaient rester élevées.
- [0093] De plus, la forte compacité des moteurs 1 fait que l'extraction des pertes représentent un véritable défi, au-delà des considérations de performance. Parmi tous les postes de pertes, les plus difficiles à évacuer sont celles présentes à chaque rotor 2, 2a, liées au mouvement rotatif de celui-ci.
- [0094] Il est ainsi recherché optionnellement de réduire un des postes de pertes principaux dans le moteur 1 lié aux aimants 6, 6a.
- [0095] Du fait, de la conductivité électrique non-nulle des matériaux ferromagnétiques constituant les aimants 6, 6a, ceux-ci sont sujets à la présence de courants de Foucault sources de pertes d'autant plus importantes que le champ les traversant est important.
- [0096] Pour réduire la présence de ces courants de circulation, il a été fixé comme objectif de réduire la conductivité moyenne du milieu sans impacter trop fortement les propriétés magnétiques du matériau.
- [0097] Une première solution revient à segmenter les aimants 6, 6a en de multiples barrettes 7. Ces barrettes 7 sont espacées les unes des autres par la présence d'un matériau électriquement isolant, par exemple un vernis non conducteur. Ce procédé permet de drastiquement réduire la formation de courants de circulation sans trop détériorer les performances magnétiques.
- [0098] Les figures 4 à 7 montrent comme aimant formant pôle un aimant 6 effectuant une concentration de flux mais ceci est applicable aussi à un aimant surfacique 6a.

- [0099] Des barrettes 7 s'étendant latéralement dans l'aimant 6 en formant des aimants unitaires 7 sont montrées à la [Fig.4] tandis que la [Fig.5] montre des barrettes 7 s'étendant dans le sens longitudinal de l'aimant. Ces barrettes 7 peuvent être avantageusement de forme parallélépipédique.
- [0100] Aux figures 4 et 5, il est visible qu'un gros aimant, destiné à devenir un aimant 6 effectuant une concentration de flux peut être découpé en plus de cinq aimants unitaires 7 pour des barrettes 7 longitudinales et en plus de vingt aimants unitaires 7 pour des barrettes 7 latérales.
- [0101] Dans le cas où cette solution n'est pas suffisante, il est possible d'aller plus loin avec la pixelisation. Selon cette technique, les aimants 6 vont être segmentés dans deux directions en suivant des règles similaires à celui du pavage du plan régulier dans le plan orthogonal à la direction du flux ou à la direction de polarisation des aimants 6.
- [0102] Les motifs classiques utilisés pour la pixelisation peuvent être à base carrée, rectangulaire, cylindrique ou polygonale, notamment hexagonale. Les aimants unitaires 7 dans cette configuration peuvent être sous forme de plots.
- [0103] Ainsi, un gros aimant destiné à devenir un aimant 6 effectuant une concentration de flux peut être découpé en une multitude d'aimants unitaires 7 beaucoup plus petits. Aux figures 6 et 7, il est montré plus de cinquante aimants unitaires 7 faisant partie d'un même aimant 6 à concentration de flux.
- [0104] Les aimants 6 à concentration de flux peuvent être découpés par Laser. Une couche de vernis isolant et adhésif ou une résine composite isolante peut être insérée entre les aimants unitaires 7.
- [0105] Cependant, pour maintenir les aimants unitaires 7 les uns par rapport aux autres avant collage, il peut être avantageux de laisser dans l'aimant 6 à concentration de flux lors de la découpe un talon qui réunit tous les aimants unitaires 7 ensemble. Un tel talon peut présenter une forme de zig-zag c'est-à-dire être non plan en s'étendant sur plusieurs plans successifs, ce qui s'est avéré diminuer les courants de Foucault créés par un talon similaire mais plan.
- [0106] Il est à garder à l'esprit que les aimants surfaciques 6a du rotor externe 2a peuvent aussi être segmentés ou pixelisés.
- [0107] Notamment dans le cas d'aimants 6, 6a segmentés ou pixelisés, comme les rotors 2, 2a interne et externe peuvent tourner à grande vitesse et être soumis à une force centrifuge élevée, le moteur 1 peut comprendre au moins une frette recouvrant circonférentiellement les aimants 6a du rotor externe 2a, car les aimants 6 effectuant une concentration de flux sont enterrés dans le circuit magnétique 8 et de ce fait mieux protégés. Pour le rotor externe 2a, c'est aussi le carter du moteur 1 qui peut servir de frette.
- [0108] Comme montré notamment aux figures 1 et 2, le moteur 1 électromagnétique selon la

présente invention peut être à flux radial mais ceci n'est pas limitatif.

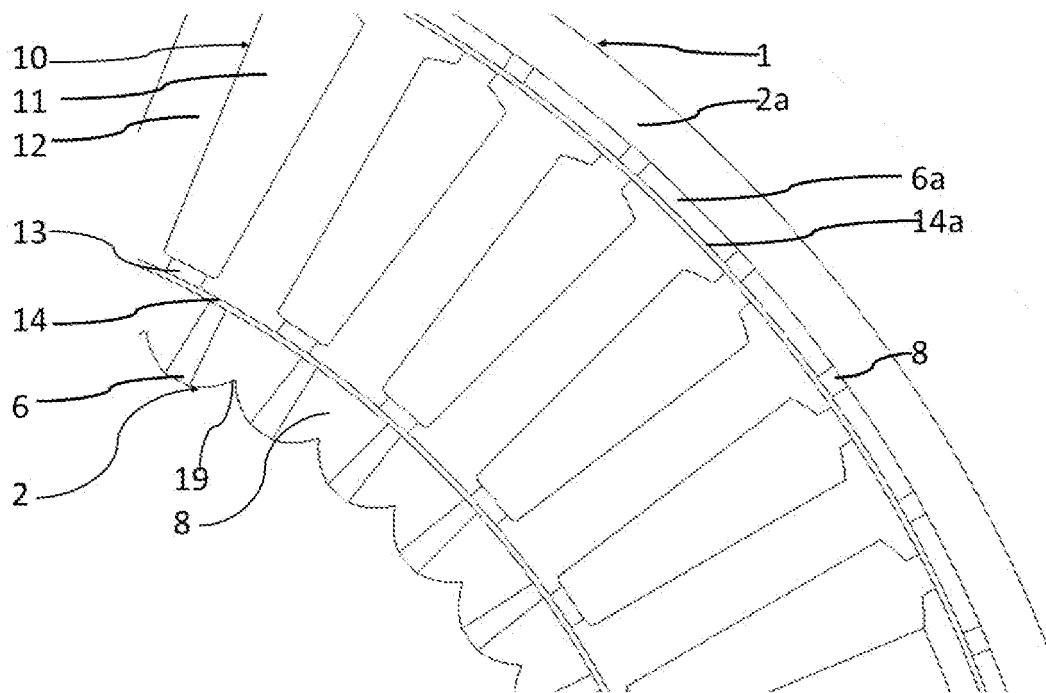
- [0109] Dans ce cas, les rotors 2, 2a externe et interne peuvent être respectivement sous forme d'une couronne 9 perpendiculaire à l'axe de rotation 3, chaque couronne 9 étant prolongée par une portion cylindrique 9a reliée au bord externe de la couronne 9 et s'étendant à distance le long de l'axe de rotation 3.
- [0110] Les références concernent la couronne 9 et la portion cylindrique 9a du rotor externe 2a mais le rotor interne 2 présente la même configuration.
- [0111] Les rotors 2, 2a peuvent être liés mécaniquement l'un par rapport à l'autre par une pièce de liaison. Cette pièce peut être désaxée par rapport au plan orthogonal à l'axe de rotation 3.
- [0112] Comme montré à la [Fig.8], l'invention concerne aussi un organe 15 entraîné par un moteur 1 électromagnétique tel que précédemment décrit. Une pièce de liaison assure une transmission de couple entre le moteur 1 électromagnétique et l'organe 15 entraîné. L'organe 15 entraîné est à cette [Fig.8] une jante 15 de roue.
- [0113] L'organe 15 peut être disposé extérieurement au moteur 1 en l'enveloppant au moins partiellement, ce qui est le cas pour un moteur roue pour lequel le moteur 1 est entièrement ou majoritairement intégré dans la roue. En alternative, l'organe 15 peut être adossé au moteur 1 électromagnétique en étant solidarisé à un des côtés du moteur 1.
- [0114] Dans le cas non limitatif d'un moteur roue, appellation commune d'une roue 16 comprenant en son intérieur un moteur 1 électromagnétique pour son entraînement, le moteur roue peut faire partie d'un moyen de transport 17 en étant associé avec un ou d'autres moteurs roue, le moyen de transport 17 présentant un moyen de suspension du moteur roue en le laissant libre en rotation.
- [0115] Comme montré à la [Fig.9], le moyen de transport 17 peut comprendre une batterie 21 alimentant le ou les moteurs roue 16, le moteur roue pouvant aussi servir de générateur pour une recharge de la batterie 21. Ceci est valable pour un moteur 1 électromagnétique selon la présente invention qui peut servir aussi de générateur.
- [0116] Le ou les moteurs 1 électromagnétiques présents dans la ou les roues 16 peuvent être contrôlés par une unité électronique 18 de contrôle du moyen de transport.

Revendications

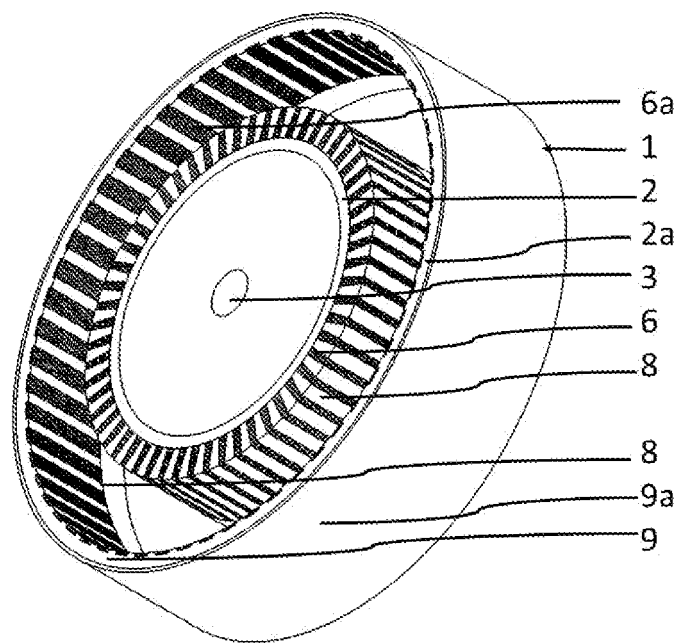
- [Revendication 1] Moteur (1) électromagnétique comprenant un rotor interne (2) et un rotor externe (2a) concentriques par rapport à un axe de rotation (3) central, les rotors (2, 2a) intercalant entre eux un stator (10) avec un entrefer (14, 14a) entre le stator (10) et chaque rotor (2, 2a), chaque rotor (2, 2a) étant muni d'un circuit magnétique (8) de circulation de flux magnétique en vis-à-vis d'un entrefer (14, 14a) respectif et portant des aimants (6, 6a), caractérisé en ce que, pour le rotor externe (2a), ses aimants (6, 6a) sont des aimants surfaciques (6a) positionnés dans ou sur le circuit magnétique (8) associé en affleurant du circuit magnétique (8) vers l'entrefer (14, 14a) du rotor externe (2a) avec le stator (10) et que, pour le rotor interne (2), ses aimants (6, 6a) sont disposés pour effectuer une concentration de flux en étant enterrés et positionnés radialement dans le circuit magnétique (8) du rotor interne (2).
- [Revendication 2] Moteur (1) selon la revendication précédente, dans lequel les aimants (6, 6a) sont segmentés ou pixelisés.
- [Revendication 3] Moteur (1) selon la revendication précédente, dans lequel les aimants unitaires (7) sont sous la forme de barrettes (7) parallélépipédiques ou de plots à section circulaire, cylindrique ou polygonale.
- [Revendication 4] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une largeur des aimants (6, 6a) du rotor interne (2) croît en éloignement de l'entrefer (14) du rotor interne (2) avec le stator (10).
- [Revendication 5] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit magnétique (8) du rotor interne (2) comporte un évidement (19) sur un bord du circuit magnétique (8) opposé à l'entrefer (14, 14a) entre le stator (10) et le rotor interne (2).
- [Revendication 6] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le stator (10) comporte un noyau d'armature portant des dents (11) présentant des collerettes (13) à chacune de leurs extrémités longitudinales orientées vers un rotor respectif, deux dents (11) adjacentes laissant entre elles une encoche (12) pour un bobinage, l'encoche (12) étant rétrécie par les collerettes (13) des deux dents (11) adjacentes à chacune de leurs extrémités longitudinales.
- [Revendication 7] Moteur (1) selon la revendication précédente, dans lequel les encoches (12) reçoivent des bobinages à pas fractionnaire.
- [Revendication 8] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moteur (1) comprend une frette recouvrant circonféren-

- tiellement les aimants (6a) du rotor externe (2a).
- [Revendication 9] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des masses des aimants (6, 6a) des rotors (2, 2a) interne et externe sont respectivement sélectionnées l'une par rapport à l'autre afin que les rotors (2, 2a) interne et externe atteignent un niveau d'induction équivalent.
- [Revendication 10] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moteur (1) est à flux radial, les rotors (2, 2a) externe et interne étant respectivement sous forme d'une couronne (9) perpendiculaire à l'axe de rotation (3), chaque couronne (9) étant prolongée par une portion cylindrique (9a) reliée au bord externe de la couronne (9) et s'étendant à distance le long de l'axe de rotation (3).
- [Revendication 11] Moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les rotors (2, 2a) sont liés mécaniquement l'un par rapport à l'autre par une pièce de liaison par rapport au plan orthogonal à l'axe de rotation (3).
- [Revendication 12] Organe (15) caractérisé en ce qu'il est entraîné par un moteur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'organe (15) étant disposé extérieurement au moteur (1) en l'enveloppant au moins partiellement ou en étant adossé au moteur (1).
- [Revendication 13] Organe (15) selon la revendication précédente, lequel est une roue (16) entraînée en rotation par ledit moteur (1), la roue (16) logeant le moteur (1) en son intérieur.
- [Revendication 14] Moyen de transport (17), caractérisé en ce qu'il comprend au moins un organe (15) sous la forme d'une roue (16) entraînée en rotation par ledit moteur (1) selon la revendication précédente, le moyen de transport présentant un moyen de suspension de la roue (16) en laissant la roue (16) libre en rotation.

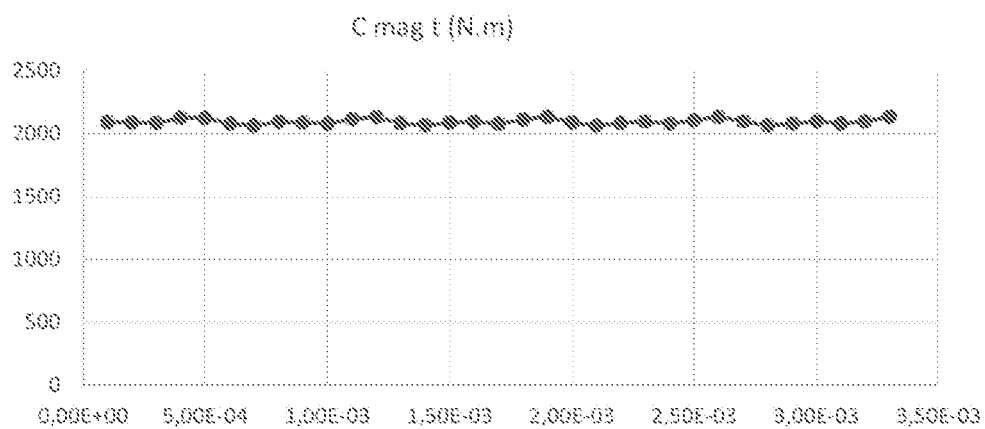
[Fig. 1]



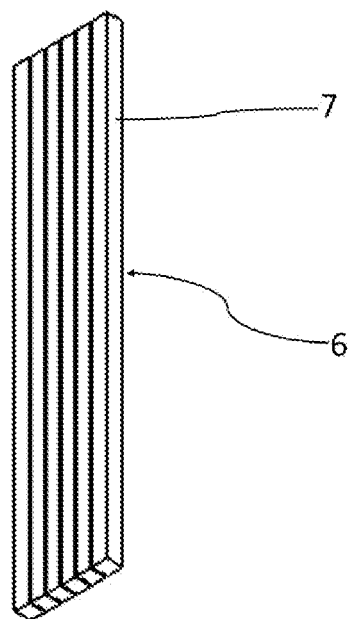
[Fig. 2]



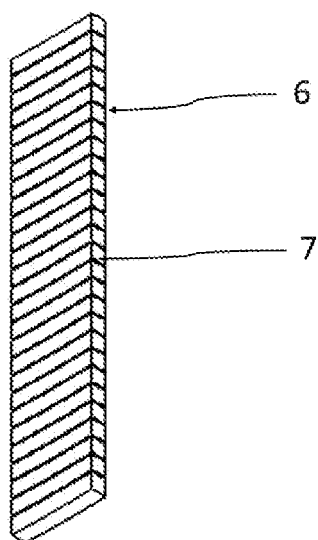
[Fig. 3]



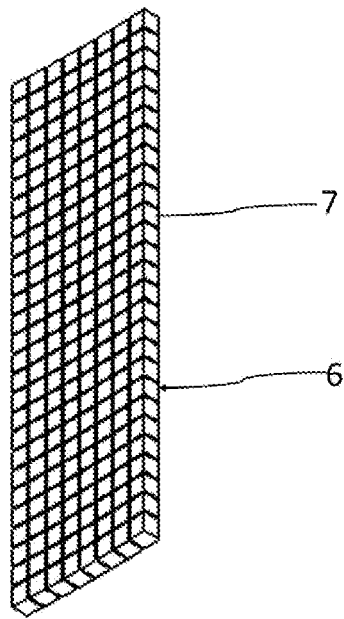
[Fig. 4]



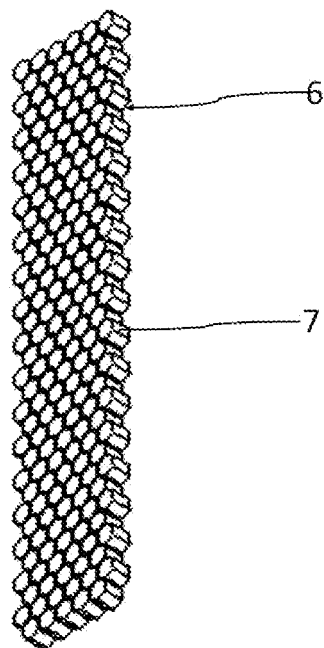
[Fig. 5]



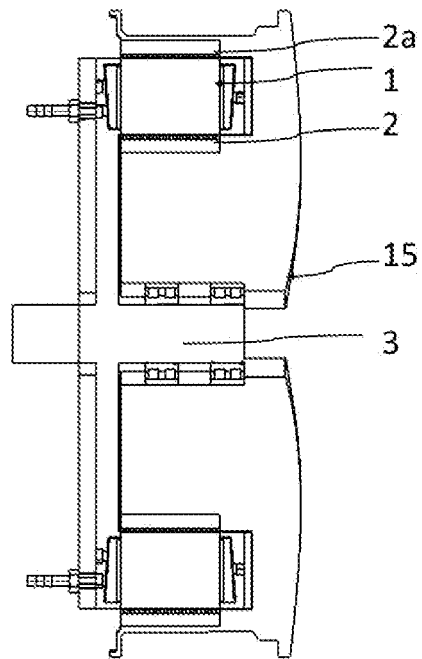
[Fig. 6]



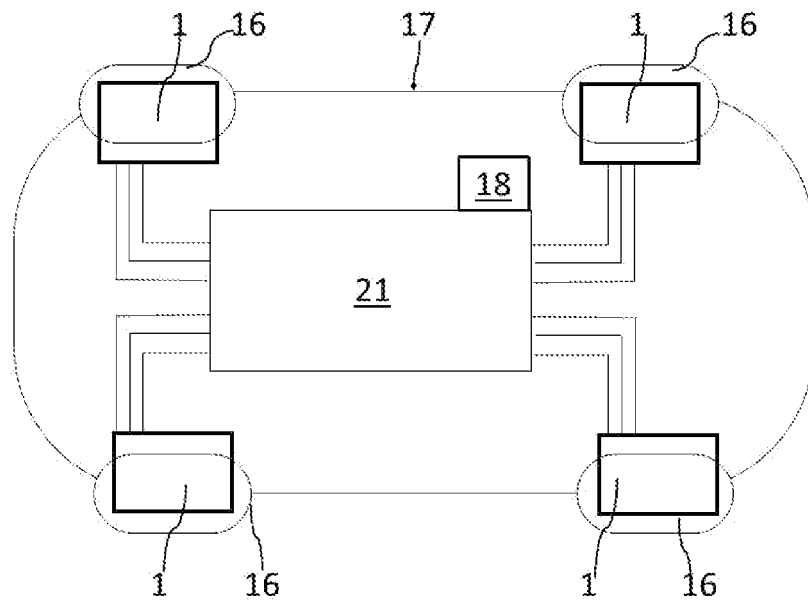
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 904048
FR 2201846

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	EP 3 832 850 A1 (WHIRLPOOL CO [US]) 9 juin 2021 (2021-06-09)	1, 2, 6-14	H02K1/27 H02K1/274
Y	* abrégé; figures 1, 2, 5, 8 * * alinéa [0016] * -----	3-5	
X	US 2019/190413 A1 (UENO TOMONORI [JP] ET AL) 20 juin 2019 (2019-06-20) * figure 3 * -----	1	
Y	EP 3 857 677 A1 (WHYLOT [FR]) 4 août 2021 (2021-08-04) * figures 3, 5c * -----	3	
Y	US 2020/119605 A1 (KITAYAMA TAKESHI [JP]) 16 avril 2020 (2020-04-16) * figures 2-14 * -----	4, 5	
A	CN 113 131 700 A (TAILG TECH JIANGSU CO LTD) 16 juillet 2021 (2021-07-16) * abrégé; figures 1-3 * * la section intitulée "Technical Field" * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 2018/331590 A1 (HIBBS BART DEAN [US] ET AL) 15 novembre 2018 (2018-11-15) * figures 3-5b * -----	1-14	H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 octobre 2022		Güvener, Cem	
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 2201846 FA 904048

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 **13-10-2022**
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
EP 3832850	A1	09-06-2021	CN 112928882 A	08-06-2021
			EP 3832850 A1	09-06-2021
			US 2021175785 A1	10-06-2021
			US 2022123633 A1	21-04-2022

US 2019190413	A1	20-06-2019	US 2019190413 A1	20-06-2019
			WO 2019124985 A1	27-06-2019

EP 3857677	A1	04-08-2021	CN 112640256 A	09-04-2021
			EP 3857677 A1	04-08-2021
			FR 3086465 A1	27-03-2020
			JP 2022500976 A	04-01-2022
			US 2021265884 A1	26-08-2021
			WO 2020065488 A1	02-04-2020

US 2020119605	A1	16-04-2020	CN 111064296 A	24-04-2020
			JP 7070316 B2	18-05-2022
			JP 2020065349 A	23-04-2020
			US 2020119605 A1	16-04-2020

CN 113131700	A	16-07-2021	AUCUN	

US 2018331590	A1	15-11-2018	AU 2009296688 A1	01-04-2010
			CA 2774926 A1	01-04-2010
			CN 102239625 A	09-11-2011
			EP 2340599 A2	06-07-2011
			JP 2012503972 A	09-02-2012
			KR 20110074561 A	30-06-2011
			KR 20170055570 A	19-05-2017
			KR 20180031817 A	28-03-2018
			KR 20190122917 A	30-10-2019
			SG 172768 A1	29-08-2011
			US 2010181858 A1	22-07-2010
			US 2016211710 A1	21-07-2016
			US 2018331590 A1	15-11-2018
			US 2020395797 A1	17-12-2020
			WO 2010036747 A2	01-04-2010
