

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 147 319

21 N° d'enregistrement national : 23 03173

51 Int Cl⁸ : F 01 D 15/10 (2023.01), F 02 C 7/32, F 01 D 21/04,
H 02 K 7/18, 11/20

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.03.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.10.24 Bulletin 24/40.

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) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS
— FR.

72 Inventeur(s) : MONTIN, Frédéric, FLORESCU,
Adrian, TAN-KIM, Alexandre Jean-Marie et TRUCO,
Romain.

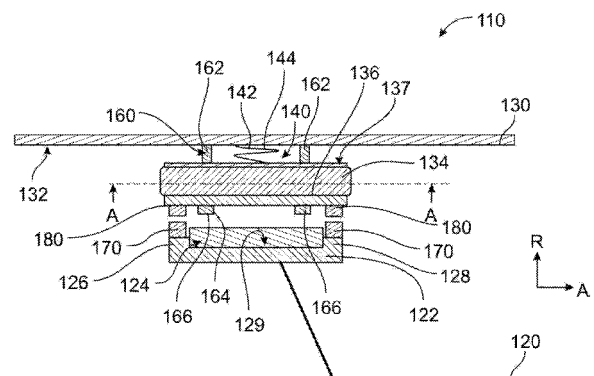
73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 MODULE DE TURBOMACHINE EQUIPEE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE.

57 L'invention concerne un module (100) pour une turbo-
machine, notamment pour une turbomachine d'aéronef,
comprenant un arbre s'étendant selon une direction axiale
et une machine électrique (110) comprenant :- un rotor
(120) couplé en rotation avec l'arbre du module, le rotor
comprenant un disque (122) et des éléments magnétiques
(124) arrangés régulièrement en périphérie du disque , et -
un stator (130) solidaire d'un carter du module comprenant
un anneau et des bobines (134) réparties de manière annu-
laire à l'intérieur de l'anneau du stator, les bobines sont ar-
rangées à l'extérieur des éléments magnétiques du rotor
suivant une direction radiale, caractérisé en ce que chaque
bobine est mobile radialement entre une première position
extrême et une deuxième position extrême, chaque bobine
étant maintenue dans la première position en fonctionne-
ment normal et déplacée vers la deuxième position extrême
en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine
du stator.

Figure pour l'abrégié : Figure 2



FR 3 147 319 - A1



Description

Titre de l'invention : MODULE DE TURBOMACHINE EQUIPEE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE

Domaine technique

- [0001] Le domaine technique de l'invention est celui des turbomachines équipées d'une machine électrique.
- [0002] La présente invention concerne notamment un module de turbomachine d'aéronef équipé d'une machine électrique.

Technique antérieure

- [0003] Le monde aéronautique se pose aujourd'hui de nombreuses questions quant à la pertinence d'utiliser des moteurs hybrides pour l'aviation commerciale. L'utilisation de l'énergie électrique est aujourd'hui envisagée non seulement pour répondre à des fonctions de l'aéronef mais également pour électrifier des fonctions de la turbomachine.
- [0004] Ce constat conduit à étudier des solutions d'architecture moteur hybridée, combinant l'énergie fossile du carburant et l'énergie électrique pour assurer l'entraînement de la partie propulsive (soufflante ou turbine de la turbomachine) et l'alimentation de certaines fonctions moteurs et/ou aéronef.
- [0005] Ces architectures peuvent notamment se baser sur une architecture de type à grand taux de dilution et à réducteur, mais aussi à multiple corps (deux ou trois). Dans ces architectures, la turbomachine comprend un corps basse pression et un corps haute pression, chaque corps comportant un arbre reliant un rotor d'un compresseur à un rotor d'une turbine.
- [0006] Il est connu d'équiper une turbomachine d'aéronef avec une machine électrique. On rappelle qu'une machine électrique est un dispositif électromécanique basé sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie électrique par exemple en travail ou énergie mécanique. Ce processus est réversible et peut servir à produire de l'électricité.
- [0007] Ainsi, suivant l'usage final d'une machine électrique, on utilise les termes de :
- générateur pour désigner une machine électrique produisant de l'énergie électrique à partir d'une énergie mécanique,
 - moteur pour une machine électrique produisant une énergie mécanique à partir d'une énergie électrique.
- [0008] Une machine électrique peut également se comporter en mode moteur selon une première phase de fonctionnement et en mode générateur selon une deuxième phase de fonctionnement distincte de la première.

- [0009] Ainsi, les machines électriques dont il est question ici sont des génératrices d'électricité ou des machines réversibles pouvant aussi travailler en moteur électrique et qui sont alors aptes à faire démarrer un arbre de turbine ou de soufflante ou du moins à lui apporter un surcroît de puissance. Elles peuvent venir en complément de la génératrice d'électricité qu'on trouve habituellement sur le boîtier d'accessoires (AGB) et qui prélève de la puissance sur le corps haute pression si la machine électrique est intégrée sur le corps basse pression d'une turbomachine.
- [0010] Plusieurs zones d'installation sont possibles mais les avantages et les inconvénients de chacune sont nombreux et divers (problème d'intégration mécanique de la machine, tenue en température de la machine, accessibilité de la machine, etc.). Par exemple, la demande de brevet FR 3 087 823 A1 décrit l'installation d'une machine électrique en aval d'une soufflante. En outre, la machine électrique peut également être installée en aval d'un arbre de turbine et entraînée par cet arbre.
- [0011] La machine électrique présente une forme générale annulaire et comprend un rotor et un stator. Le rotor et le stator ont chacun une forme générale cylindrique s'étendant autour de l'axe de la turbomachine. Le rotor comprend en général un disque et des éléments magnétiques (par exemple, des aimants permanents) arrangés régulièrement en périphérie du disque tandis que le stator comprend un anneau supportant des bobines réparties régulièrement de manière annulaire à l'intérieur de l'anneau du stator. Le stator entoure le rotor. Autrement dit, l'anneau du stator et le disque du rotor sont concentriques et l'anneau du stator est radialement extérieur au disque du rotor. En d'autres termes, les bobines sont disposées radialement à l'extérieur par rapport aux éléments magnétiques.
- [0012] En fonctionnement nominal, deux types d'efforts s'appliquent sur le rotor d'une machine électrique : un couple (résistif ou moteur selon les cas de fonctionnement), et un effort radial.
- [0013] Lors de cas de fonctionnement particuliers, comme de fortes charges de manœuvres, de balourd ou autre dysfonctionnement, le rotor de la machine électrique peut être amené à se déplacer radialement vis-à-vis du stator. Par exemple, dans le cas d'une machine électrique arrangée en aval d'une soufflante, le rotor de la machine électrique est fixé à un disque de la soufflante par l'intermédiaire d'une bride et de vis. En cas de perte d'une aube du disque de soufflante, le disque devient fortement déséquilibré et se met à orbiter sous l'effet d'un balourd conséquent. Ce déséquilibre peut provoquer un excentrement qui entraîne à son tour la fermeture locale de l'entrefer de la machine électrique. L'excentrement lié à la perte d'aube étant grandement supérieur au jeu entre les éléments magnétiques du rotor et les bobines du stator de la machine électrique, il y a alors contact entre lesdits éléments magnétiques et lesdites bobines de la machine électrique.

- [0014] Aujourd'hui l'entrefer d'une machine électrique est calculé de manière à éviter tout contact entre les éléments magnétiques du rotor et les bobines du stator. Cela impose plusieurs contraintes :
- soit un entrefer important pour répondre aux cas de manœuvre ou de défaillance importants,
 - soit un découplage mécanique le plus complet possible entre la machine électrique et le reste de la turbomachine ce qui impose des contraintes d'intégration comme décrit dans le brevet FR 3 087 823.
- [0015] Or, un entrefer important nuit aux performances de la machine électrique et le découplage mécanique impose des contraintes d'intégration importants (ajout d'éléments de découplage, positionnement de l'ensemble à l'aval de la turbomachine, etc...).
- [0016] L'objectif de la présente invention est de pallier à au moins certains des problèmes évoqués dans ce qui précède. En particulier, la présente invention propose une solution permettant de supprimer le risque de contact entre les éléments magnétiques du rotor et les bobines du stator afin d'éviter de dégrader la machine électrique ou de modifier la situation dynamique de la turbomachine ce qui permet au final une réduction de l'entrefer et un gain en performance.

Résumé de l'invention

- [0017] À cet effet, l'invention concerne un module pour une turbomachine, notamment pour une turbomachine d'aéronef, comprenant un arbre s'étendant selon une direction axiale et une machine électrique comprenant :
- un rotor couplé en rotation avec l'arbre du module, le rotor comprenant un disque et des éléments magnétiques arrangés régulièrement en périphérie du disque , et
 - un stator solidaire d'un carter du module comprenant un anneau et des bobines réparties de manière annulaire à l'intérieur de l'anneau du stator, les bobines sont arrangées à l'extérieur des éléments magnétiques du rotor suivant une direction radiale, caractérisé en ce que chaque bobine est mobile radialement entre une première position extrême et une deuxième position extrême, chaque bobine étant maintenue dans la première position en fonctionnement normal et déplacée vers la deuxième position extrême en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator.
- [0018] L'invention permet ainsi d'autoriser le déplacement radial des éléments portés par le stator d'une machine électrique afin de réduire l'entrefer, d'augmenter les performances de la machine électrique tout en étant robuste aux consommations de jeu rotor / stator. En d'autres termes, l'invention permet de supprimer le risque de contact entre les éléments magnétiques du rotor et les bobines du stator afin d'éviter de dégrader la machine électrique ou de modifier la situation dynamique de la turbomachine.

- [0019] En fonctionnement normal, les éléments supportés par le stator, c'est-à-dire les bobines, sont maintenus dans la position extrême, c'est-à-dire dans une position dans laquelle tous les éléments supportés par le stator sont à une même distance du rotor de la machine électrique. Autrement dit, l'entrefer de la machine électrique est constant.
- [0020] Tandis qu'en fonctionnement anormal, par exemple sous facteur de charge, de balourd ou autre dysfonctionnement, les éléments supportés par le stator sont repoussés radialement vers l'extérieur par le rotor. Le déplacement des éléments supportés par le stator radialement vers l'extérieur permet de supprimer le risque de contact entre les éléments magnétiques du rotor et les bobines du stator. De ce fait, ni la machine électrique ne subit aucune dégradation ni la situation dynamique de la turbomachine n'est modifiée.
- [0021] Ainsi, l'invention permet de diminuer l'entrefer de la machine électrique en fonctionnement normal engendrant un gain en performance tout en restant robuste aux cas de fonctionnement particuliers comme les forts facteurs de charge. Ce gain en performance peut se traduire par un gain masse/encombrement à puissance équivalente ou un gain en puissance à masse équivalente.
- [0022] De plus, les contraintes d'intégration de la machine électrique sont allégées car il n'est plus nécessaire de découpler la machine électrique totalement du reste de la turbomachine ou de la positionner à une position faiblement impactée par les facteurs de charge.
- [0023] Le module pour une turbomachine selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres selon toutes les combinaisons techniquement possibles :
- le stator supporte des éléments de rappel, chacun conformé pour maintenir une bobine associée dans la première position en fonctionnement normal, chaque élément de rappel étant arrangé entre le stator et la bobine associée ;
 - chaque élément de rappel est un ressort ou une lamelle dont une première extrémité est reliée au stator et une seconde extrémité opposée à la première extrémité est reliée à la bobine;
 - le stator comporte pour chaque bobine au moins une glissière configurée pour guider en translation rectiligne selon une direction radiale la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes ;
 - chaque bobine comporte deux orifices traversants recevant chacun une tige formant glissière, chaque tige ayant une section circulaire et s'étendant sensiblement radialement entre une première extrémité fixée au stator et une seconde extrémité conformée pour former une butée pour la bobine dans la première position extrême ;
 - chaque bobine comporte un orifice traversant recevant une tige formant glissière, la

tige s'étendant radialement entre une première extrémité fixée au stator et une seconde extrémité conformée pour former une butée pour la bobine dans la première position extrême. la tige ayant une section non circulaire, de préférence rectangulaire ou oblongue ;

- chaque bobine est arrangée dans une gouttière formant glissière, la gouttière présente un corps cylindrique de forme complémentaire à la bobine associée et conformé pour guider la bobine en translation rectiligne selon la direction radiale entre les première et deuxième positions extrêmes, le corps cylindrique s'étendant radialement entre une première extrémité fixée au stator et une seconde extrémité conformée pour former une butée pour la bobine dans la première position extrême ;

- le stator comporte, pour chaque bobine, un bras comprenant une première extrémité fixée à la bobine et une deuxième extrémité reliée au stator par une liaison pivot ayant un axe de pivotement s'étendant perpendiculairement à la direction axiale, le bras étant conformé de sorte que son pivotement entraîne le déplacement de la bobine entre la première position extrême et la deuxième position extrême ;

- le rotor comporte pour chaque élément magnétique au moins un élément de contact principal et le stator comporte pour chaque bobine au moins un élément de contact secondaire, chaque élément de contact principal du rotor étant arrangé en vis-à-vis d'un élément de contact secondaire du stator, l'élément de contact principal et l'élément de contact secondaire étant conformés pour éviter un contact entre la bobine du stator et l'élément magnétique du rotor en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator ;

- chaque élément de contact principal et chaque élément de contact secondaire est en bronze ou en polymère antiadhésif tel que le Téflon® ;

- l'entrefer de la machine électrique défini par la distance selon une direction radiale entre les éléments magnétiques et les bobines en fonctionnement normal est compris entre 0,5 mm et 10 mm.

[0024] L'invention concerne également une turbomachine, notamment turbomachine d'aéronef, comprenant au moins un module selon l'invention et tel que décrit précédemment.

[0025] De préférence, le module est un module de soufflante comportant une soufflante et la machine électrique est montée coaxialement en aval de la soufflante, le rotor de la machine électrique étant couplé en rotation avec la soufflante.

[0026] Alternativement, le module est un module de turbine et la machine électrique est montée coaxialement en aval d'un carter de turbine.

Brève description des dessins

[0027] La présente invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et

avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'un exemple non limitatif qui suit, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la [Fig.1] est une vue schématique en coupe axiale d'un exemple de turbomachine d'aéronef à laquelle s'applique l'invention, l'exemple illustré est une turbomachine à fort taux de dilution et réducteur ;
- la [Fig.2] est une vue schématique en coupe longitudinale d'une machine électrique équipant un module selon l'invention, selon un premier mode de réalisation et en fonctionnement normal ;
- la [Fig.3] représente une vue schématique en coupe transverse de la machine électrique de la [Fig.2] en fonctionnement normal ;
- la [Fig.4] est une vue schématique de la section d'un élément supporté par le stator de la machine électrique des figures 2 et 3 dans un plan perpendiculaire à la direction radiale ;
- la [Fig.5] est une vue schématique de la section d'un élément supporté par le stator de la machine électrique des figures 2 et 3 dans un plan perpendiculaire à celui de la [Fig.4] ;
- la [Fig.6] est une vue schématique en coupe longitudinale de la machine électrique de la [Fig.2] en fonctionnement anormal, dans lequel le rotor est excentré ;
- la [Fig.7] est une vue schématique en coupe transverse de la machine électrique de la [Fig.6] en fonctionnement anormal ;
- la [Fig.8] est une vue schématique en coupe longitudinale d'une machine électrique équipant un module selon l'invention, selon un deuxième mode de réalisation et en fonctionnement normal ;
- la [Fig.9] est une vue schématique de la section d'un élément supporté par le stator de la machine électrique de la [Fig.8] dans un plan perpendiculaire à la direction radiale ;
- la [Fig.10] est une vue schématique d'une variante de la section d'un élément supporté par le stator de la machine électrique de la [Fig.8] dans un plan perpendiculaire à la direction radiale ;
- la [Fig.11] est une vue schématique de la section d'un élément supporté par le stator de la machine électrique de la [Fig.8] dans un plan perpendiculaire à celui des figures 9 et 10 ;
- la [Fig.12] est une vue schématique en coupe longitudinale de la machine électrique de la [Fig.8] en fonctionnement anormal ;
- la [Fig.13] est une vue schématique en coupe longitudinale d'une machine électrique équipant un module selon l'invention, selon un troisième mode de

- réalisation et en fonctionnement normal ;
- la [Fig.14] est une vue schématique en coupe longitudinale de la machine électrique de la [Fig.13] en fonctionnement anormal. ;
- la [Fig.15] est une vue schématique en coupe longitudinale d'une machine électrique équipant un module selon l'invention, selon un quatrième mode de réalisation et en fonctionnement normal ; et
- la [Fig.16] est une vue schématique en coupe longitudinale de la machine électrique de la [Fig.15] en fonctionnement anormal.

[0028] Les éléments ayant les mêmes fonctions dans les différentes mises en œuvre ont les mêmes références dans les figures.

Description des modes de réalisation

[0029] On se réfère d'abord à la [Fig.1] qui représente schématiquement une turbomachine 10 d'aéronef à double corps et double flux à laquelle s'applique l'invention. Bien entendu, l'invention peut s'appliquer à d'autres types de turbomachine équipée d'une machine électrique, par exemple un turbopropulseur, sans sortir du cadre de l'invention.

[0030] La turbomachine 10 présente un axe longitudinal noté C autour duquel s'étendent ses différents composants.

[0031] La turbomachine 10 comporte de façon classique un générateur de gaz 12 à l'amont duquel est disposée une soufflante 14. La soufflante 14 est entourée par un carter de soufflante 16 qui est entouré par une nacelle 18 qui s'étend autour et le long d'une majeure partie du générateur de gaz 12.

[0032] Le générateur de gaz 12 comprend ici deux corps, à savoir un corps basse pression 12a ou BP et un corps haute pression 12b ou HP. Chaque corps comprend un compresseur et une turbine.

[0033] Dans la présente invention, et de manière générale, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à une direction principale F de circulation des fluides à l'intérieur de la turbomachine, et ici suivant l'axe longitudinal C, c'est-à-dire de la gauche vers la droite en référence à la [Fig.1].

[0034] De l'amont vers l'aval, le générateur de gaz 12 comprend un compresseur basse pression 20, un compresseur haute pression 22, une chambre de combustion 24, une turbine haute pression 26 et une turbine basse pression 28.

[0035] L'axe longitudinal C est l'axe de rotation des éléments mobiles de la turbomachine 10, et en particulier, des turbines 26, 28.

[0036] La soufflante 14 comprend une rangée annulaire d'aubes 30 entraînée en rotation par un arbre de soufflante 32 qui est relié au rotor du corps basse pression 12a par l'intermédiaire d'un réducteur 33. Le flux de gaz qui traverse la soufflante (flèche F) est

séparé à l'amont du générateur de gaz 12 par un bec annulaire 34 en un flux annulaire radialement interne, appelé flux primaire 36 qui alimente le générateur de gaz 12, et en un flux annulaire radialement externe, appelé flux secondaire 38 qui s'écoule entre le générateur de gaz 12 et la nacelle 18 et fournit la majeure partie de la poussée de la turbomachine.

[0037] Un carter d'entrée 40 relie structurellement le générateur de gaz 12 au carter de soufflante 16 et à la nacelle 18. Le carter d'entrée 40 comprend une rangée annulaire de bras 42 radialement internes s'étendant dans le flux primaire 36, et une rangée annulaire d'aubes redresseurs 44 (du type OGV) radialement externes s'étendant dans le flux secondaire 38. Les bras 42 sont en général en nombre limités (moins de dix) et sont tubulaires et traversés par des servitudes. Le nombre d'aubes 44 (OGV) est en général supérieur à dix.

[0038] La turbomachine comporte un module 100 selon l'invention comprenant un arbre s'étendant selon une direction axiale A, parallèle à l'axe longitudinal de la turbomachine et une machine électrique 110.

La zone Z1 représente une zone située entre le disque de soufflante 32 et le réducteur 33, dans laquelle la machine électrique peut être installée.

La zone Z2 représente une autre zone située en aval de la turbine basse pression 28 dans laquelle la machine électrique peut également être installée.

[0039] Dans la description, les expressions « interne » ou « intérieur » et « externe » ou « extérieur » sont utilisées à titre non limitatif en référence à l'éloignement radial par rapport à l'axe longitudinal C autour duquel s'étend la turbomachine, l'expression « interne » définissant une zone radialement plus proche de l'axe longitudinal de la nacelle, par opposition à l'expression « externe ». Par ailleurs, dans la description et les revendications, on adoptera à titre non limitatif la terminologie axial, radial et transversal en référence au trièdre A, R, T indiqué sur les figures, l'axe axial A étant parallèle à l'axe longitudinal de la turbomachine.

[0040] En référence aux figures 2 à 7 et 10 à 12, la machine électrique 110 a une forme générale annulaire et comprend un rotor 120 et un stator 130.

[0041] Le rotor 120 a une forme générale cylindrique s'étendant circonférentiellement autour d'un axe de rotation confondu avec l'axe C de la turbomachine. Le rotor est couplé avec l'arbre du module 100, c'est-à-dire l'arbre de la soufflante si la machine électrique est installée en aval de la soufflante (Zone Z1) ou l'arbre de la turbine basse pression si la machine électrique est installée en aval de celle-ci (Zone Z2).

[0042] Le rotor 120 comprend un disque annulaire 122 et des éléments magnétiques 124 arrangés régulièrement en périphérie du disque 122. Les éléments magnétiques 124 sont par exemple des aimants permanents.

Dans les exemples illustrés sur les figures 2 à 7 et 10 à 12, le disque 122 comporte un

bord circonférentiel amont 126 dit « bord amont » et un bord circonférentiel aval 128 dit « bord aval ». Les bords amont 126 et aval 128 s'étendent à partir d'un fond circonférentiel 129 du disque radialement vers l'extérieur. Les éléments magnétiques 124 sont en contact avec le fond circonférentiel 129 du disque. Plus précisément, les éléments magnétiques 124 sont radialement extérieurs par rapport au fond circonférentiel 129 supportant les éléments magnétiques 124.

De plus, les éléments magnétiques 124 sont arrangés entre les bords amont 126 et aval 128 du disque 122 du rotor 120.

[0043] Généralement, les éléments magnétiques 124 sont frettés sur le disque 122 du rotor 120.

[0044] Le stator 130 comporte un anneau présentant également une forme générale cylindrique s'étendant circonférentiellement autour de l'axe C du module et de la turbomachine. Le stator 130 est solidaire d'un carter du module, par exemple du carter de soufflante 16 (zone Z1).

L'anneau du stator 130 comporte une surface interne 132, c'est-à-dire une surface radialement intérieure.

L'anneau du stator 130 supporte des bobines 134 réparties de manière annulaire à l'intérieur de l'anneau.

[0045] Le stator entoure le rotor. Autrement dit, l'anneau du stator et le disque du rotor sont concentriques et l'anneau du stator est radialement extérieur au disque du rotor. Les bobines 134 sont arrangées en vis-à-vis des éléments magnétiques 124 du rotor 120 suivant une direction radiale R. En d'autres termes, les éléments magnétiques 124 du rotor 120 sont radialement intérieurs par rapport aux bobines 134 du stator 130.

[0046] Chaque bobine 134 comporte une surface radialement intérieure 136 dite « surface intérieure » et une surface radialement extérieure 137 dite « surface extérieure ».

[0047] Chaque bobine 134 est formée d'un fil conducteur enroulé autour d'un support, le support étant fixé à l'anneau du stator 130.

[0048] Selon l'invention, chaque bobine 134 est mobile radialement entre une première position extrême et une deuxième position extrême. Chaque bobine 134 est maintenue dans la première position en fonctionnement normal et déplacée vers la deuxième position extrême en cas de déplacement du rotor 120 radialement vers la bobine 134 du stator 130. La deuxième position extrême est ainsi radialement extérieure par rapport à la première position extrême.

[0049] Selon l'invention, l'entrefer de la machine électrique défini par la distance selon une direction radiale entre les éléments magnétiques et les bobines en fonctionnement normal est compris entre 0,5 mm et 10 mm.

[0050] Les figures 2 à 7 font référence à un premier mode de réalisation d'un module selon l'invention.

- [0051] Selon ce premier mode de réalisation, le stator comporte, pour chaque bobine, au moins une glissière configurée pour guider en translation rectiligne selon la direction radiale R, la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes.
- [0052] Plus précisément, selon ce premier mode de réalisation, le stator 130 comporte, pour chaque bobine 134, deux glissières configurées pour guider en translation rectiligne selon la direction radiale R la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes.
- [0053] Les figures 2 et 3 illustrent la machine électrique en fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque le rotor 120 ne subit aucun déplacement radial dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines 134 du stator 130 sont dans leur première position. Plus précisément, celles-ci sont maintenues dans la première position extrême en fonctionnement normal par des éléments de rappel. Chaque élément de rappel est supporté par la surface interne 132 du stator 130, plus précisément par la surface interne 132 de l'anneau du stator 130. Chaque élément de rappel est arrangé entre la surface interne 132 du stator 130 et la bobine 134 associée de sorte à rappeler la bobine dans la première position extrême.
- [0054] Dans l'exemple illustré, l'élément de rappel est un ressort 140 de rappel dont une première extrémité 142 est reliée au stator 130 et une seconde extrémité 144 opposée à la première extrémité 142 est reliée à la surface radialement extérieure 137 de la bobine, plus précisément à la surface radialement extérieure du support autour duquel le fil conducteur est enroulé. En fonctionnement normal, le ressort 140 est contraint afin de maintenir la bobine 134 dans la première position extrême, c'est-à-dire dans une position éloignée de la surface interne 132 du stator selon une direction radiale R. La raideur radiale des ressorts 140 doit être adaptée pour être la plus faible possible, afin de ne pas influencer sur la situation dynamique et limiter les efforts de contact, tout en préservant l'appui des éléments sous les divers chargements (vibratoires, charges de manœuvre) et vis à vis de la résultante radiale électromagnétique.
- Dans l'exemple illustré, l'élément de rappel est un ressort 140. En variante, l'élément de rappel peut être une lamelle dont une première extrémité est reliée au stator et une seconde extrémité opposée à la première extrémité est reliée à la bobine et conformée pour maintenir la bobine dans la première position extrême.
- [0055] En outre, chaque bobine 134 comporte deux orifices 150 traversants. Plus précisément, chaque orifice 150 est ménagé dans le support de la bobine 134. Chaque orifice 150 traversant reçoit une tige 160 formant glissière. Chaque tige 160 s'étend sensiblement radialement entre une première extrémité 162 fixée au stator 130 et une seconde extrémité 164 opposée à la première extrémité 162. La deuxième extrémité 164 est conformée pour former une butée 166 pour la bobine 134 dans la première position extrême.

En regard de la [Fig.4] qui illustre une vue en coupe selon le plan A-A (visible sur la [Fig.2]) du stator, et notamment d'une bobine 134, dans un plan perpendiculaire à l'axe radial R, chaque tige 160 présente une section circulaire. Les deux tiges 160 sont agencées dans un même plan perpendiculaire à l'axe T, c'est-à-dire s'étendant selon les directions axiale A et radiale R.

[0056] La [Fig.5] représente une vue en coupe selon le plan B-B (visible sur les figures 3 et 4) du stator 130. Chaque tige 160 présente une deuxième extrémité 164 ayant une protubérance 167 de diamètre supérieure à celui de la tige à la première extrémité 162 afin de former une butée 166 pour la bobine.

Dans l'exemple illustré sur la [Fig.2], la protubérance 167 est en contact avec la surface interne 136 de la bobine 134. Alternativement, la bobine 134 peut comporter deux évidements 168 (visibles sur la [Fig.5]) configurés chacun pour recevoir la protubérance d'une tige de sorte que la protubérance 167 est en contact avec un fond d'un évidement 168 et que la protubérance est entièrement logée dans l'évidement 168 de sorte que la protubérance ne dépasse pas vers l'intérieur au-delà de la surface interne de la bobine. Cette caractéristique permet avantageusement d'éviter un éventuel contact avec un élément magnétique du rotor et donc un éventuel endommagement de celui-ci même en fonctionnement normal.

[0057] Dans ce mode de réalisation, le stator 130 comporte deux glissières par bobine afin d'empêcher toute rotation de cette dernière autour d'un axe radial.

[0058] De plus, afin de garantir l'absence de contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor 120 et les éléments supportés par le stator 130, les bobines 134 dans l'exemple illustré, le rotor 120 comporte avantageusement pour chaque élément magnétique 124 au moins un élément de contact principal 170 et le stator 130 comporte également pour chaque élément supporté par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, au moins un élément de contact secondaire 180. Chaque élément de contact principal 170 du rotor 120 est arrangé en vis-à-vis d'un élément de contact secondaire 180 du stator 130. L'élément de contact principal 170 et l'élément de contact secondaire 180 sont conformés pour éviter un contact entre la bobine 134 du stator 130 et l'élément magnétique 124 du rotor 120 en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator (figures 6 et 7).

[0059] Les figures 6 et 7 illustrent la machine électrique en fonctionnement anormal, c'est-à-dire lorsque le rotor 120 subit un déplacement radial, schématisé par la flèche F1, dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines 134 du stator vers lesquelles le rotor se déplace, sont déplacées radialement vers l'extérieur selon la flèche F2 vers leur deuxième position extrême dès que des éléments de contact principaux 170 du rotor 120 associés sont en contact avec des éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130. L'élément de rappel, le ressort 140 dans

l'exemple illustré, est encore plus contraint, ici compressé.

Le déplacement des éléments supportés par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, radialement vers l'extérieur suite au contact des éléments de contact principaux 170 du rotor avec les éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130 permet de supprimer tout contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor et les bobines 134 du stator. De ce fait, ni la machine électrique ne subit de dégradation ni la situation dynamique de la turbomachine n'est modifiée.

- [0060] Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 2 à 7, un premier élément de contact principal 170 dit « élément de contact principal amont » est supporté par une surface radialement extérieure du bord amont 126 du disque 122 du rotor et un deuxième élément de contact principal 170 dit « élément de contact principal aval » est supporté par une surface radialement extérieure du bord aval 128 du disque 122 du rotor.
- [0061] De façon similaire, un premier élément de contact secondaire 180 dit « élément de contact secondaire amont » est supporté par un bord amont 138 de la surface radialement intérieure 136 du support de la bobine 134 du rotor et un deuxième élément de contact secondaire 180 dit « élément de contact secondaire aval » est supporté par un bord aval 139 du support de la surface radialement intérieure 136 de la bobine 134 du rotor 130.
- [0062] De préférence, chaque élément de contact principal 170 et chaque élément de contact secondaire 180 est en matériau à faible coefficient de friction, de préférence en bronze ou en polymère antiadhésif comme le Téflon® afin de limiter les échauffements et les dégradations.
- [0063] En outre, les éléments de contact principaux peuvent être frettés, vissés ou collés au disque 122 du rotor. De façon similaire, les éléments de contact secondaires peuvent être fixés au support de la bobine par frettage, vissage ou collage.
- [0064] Ainsi, en fonctionnement anormal, l'élément de contact principal 170 amont est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 amont et l'élément de contact principal 170 aval est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 aval évitant tout contact direct entre les bobines 134 et les éléments magnétiques 124 qui aurait pu les endommager.
- [0065] Les figures 8 à 11 représentent un deuxième mode de réalisation qui diffère du premier en ce que le stator 130 comporte une unique glissière pour chaque bobine 134, la glissière étant configurée pour guider en translation rectiligne selon une direction radiale la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes.
- [0066] La [Fig.8] illustre la machine électrique en fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque le rotor ne subit aucun déplacement radial dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines 134 du stator sont dans leur première position. Comme pour le

premier mode réalisation, les bobines sont maintenues dans la première position extrême en fonctionnement normal par des éléments de rappel.

[0067] Dans l'exemple illustré, l'élément de rappel est un ressort 140. Toutefois, l'élément de rappel peut être une lamelle élastique comme pour le premier mode réalisation.

[0068] Chaque bobine 134 comporte un unique orifice 150 traversant recevant une tige 160 formant glissière. Plus précisément, l'unique orifice 150 est ménagé dans le support de la bobine autour duquel le fil conducteur est enroulé. La tige 160 s'étend sensiblement radialement entre une première extrémité 162 fixée au stator 130 et une seconde extrémité 164 opposée à la première extrémité 162. La deuxième extrémité 164 est conformée pour former une butée 166 pour la bobine 134 dans la première position extrême.

Afin d'éviter une rotation de la bobine 134 autour de l'axe de la tige 160, la tige 160 présente une section non circulaire. Notamment, la tige 160 présente une section rectangulaire telle qu'illustrée sur la [Fig.9] ou une section oblongue telle qu'illustrée sur la [Fig.10]. Les figures 9 et 10 illustrent une vue en coupe selon le plan A-A (visible sur la [Fig.8]) du stator, et notamment d'une bobine 134, dans un plan perpendiculaire à l'axe radial R.

[0069] La [Fig.11] représente une vue en coupe selon le plan B-B (visible sur les figures 9 et 10) du stator 130. Comme pour le premier mode de réalisation, la tige 160 présente une deuxième extrémité 164 ayant une protubérance 167 de diamètre supérieure à celui de la tige à la première extrémité 162 afin de former une butée 166 pour la bobine.

Dans l'exemple illustré sur la [Fig.8], la protubérance 167 est en contact avec la surface interne 136 de la bobine 134. Alternativement, la bobine 134 peut comporter un évidement 168 (visible sur la [Fig.11]) configuré pour recevoir la protubérance de la tige de sorte que la protubérance 167 est en contact avec un fond d'un évidement 168 et que la protubérance est entièrement logée dans l'évidement 168 de sorte que la protubérance ne dépasse pas vers l'intérieur au-delà de la surface interne de la bobine. Cette caractéristique permet avantageusement d'éviter un éventuel contact avec un élément magnétique du rotor et donc un éventuel endommagement de celui-ci même en fonctionnement anormal.

[0070] De façon similaire au premier mode de réalisation, afin de garantir l'absence de contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor 120 avec les éléments supportés par le stator 130, les bobines 134 dans l'exemple illustré, le rotor 120 comporte avantageusement pour chaque élément magnétique 124 au moins un élément de contact principal 170 et le stator 130 comporte également pour chaque élément supporté par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, au moins un élément de contact secondaire 180. La description de ces éléments pour le premier mode de réalisation s'applique également au deuxième mode de réalisation.

Ainsi, en fonctionnement anormal ([Fig.12]), l'élément de contact principal 170 amont est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 amont et l'élément de contact principal 170 aval est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 aval évitant tout contact direct entre les bobines 134 et les éléments magnétiques 124 qui aurait pu les endommager.

[0071] La [Fig.12] illustre la machine électrique en fonctionnement anormal, c'est-à-dire lorsque le rotor 120 subit un déplacement radial, schématisé par la flèche F1, dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines 134 du stator vers lesquelles le rotor se déplace, sont déplacées radialement vers l'extérieur selon la flèche F2 vers leur deuxième position extrême dès que des éléments de contact principaux 170 du rotor 120 associés sont en contact avec des éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130. L'élément de rappel, le ressort 140 dans l'exemple illustré, est encore plus contraint, ici comprimé.

Le déplacement des éléments supportés par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, radialement vers l'extérieur suite au contact des éléments de contact principaux 170 du rotor avec les éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130 permet de supprimer tout contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor et les bobines 134 du stator. De ce fait, ni la machine électrique ne subit de dégradation ni la situation dynamique de la turbomachine n'est modifiée.

[0072] Les figures 13 et 14 représentent un troisième mode de réalisation qui diffère du premier en ce que le stator 130 comporte une unique glissière pour chaque bobine 134, la glissière étant configurée pour guider en translation rectiligne selon une direction radiale la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes.

Dans ce troisième mode de réalisation, chaque glissière associée à une bobine est formée par une gouttière 190 logeant ladite bobine. La gouttière 190 est conformée pour guider en translation rectiligne selon une direction radiale la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes. A cet effet, la gouttière 190 comporte un corps cylindrique 191 d'axe principal noté E et de forme complémentaire à la bobine 134 associée et conformé pour guider la bobine en translation rectiligne selon la direction radiale entre les première et deuxième positions extrêmes. Le corps cylindrique 191 s'étend radialement entre une première extrémité 192 fixée au stator 130 et une seconde extrémité 194 conformée pour former une butée 196 pour la bobine 134 dans la première position extrême.

Dans l'exemple illustré sur les figures 13 et 14, la deuxième extrémité 192 du corps cylindrique 191 présente une protubérance 197 s'étendant à partir d'une surface interne du corps cylindrique 191 vers l'intérieur de celui-ci, c'est-à-dire vers l'axe principal E du corps cylindrique. La protubérance s'étend sur toute la circonférence intérieure de la deuxième extrémité 192 du corps cylindrique 191 jusqu'à un ou des bords libres 198

selon la forme de la protubérance. La protubérance s'étend continument ou par portions régulièrement réparties sur toute cette circonférence. De ce fait, la protubérance est conformée pour retenir la bobine 134 dans le corps cylindrique dans la première position extrême. En d'autres termes, la dimension interne D1 de la protubérance, c'est-à-dire la dimension selon la direction axiale entre les bords libres 198 de la protubérance 197 est inférieure à la dimension D2 de la bobine selon la même direction axiale. Dans l'exemple illustré, la dimension D2 est la dimension du support de la bobine 134 qui est plus large que la partie enroulée de la bobine.

[0073] Comme pour les premiers et deuxième mode de réalisations, afin de garantir l'absence de contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor 120 avec les éléments supportés par le stator 130, les bobines 134 dans l'exemple illustré, le rotor 120 comporte avantageusement pour chaque élément magnétique 124 au moins un élément de contact principal 170 et le stator 130 comporte également pour chaque élément supporté par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, au moins un élément de contact secondaire 180. La description de ces éléments pour le premier mode de réalisation s'applique également au troisième mode de réalisation.

Ainsi, en fonctionnement anormal illustré sur la [Fig.14], suite au déplacement du rotor en direction du stator, l'élément de contact principal 170 amont est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 amont et l'élément de contact principal 170 aval est en contact avec l'élément de contact secondaire 180 aval évitant tout contact direct entre les bobines 134 et les éléments magnétiques 124 qui aurait pu les endommager.

[0074] Les figures 15 et 16 représentent un quatrième mode de réalisation dans lequel le stator 130 comporte, pour chaque bobine 134, un bras 210 comprenant une première extrémité 212 fixée à la bobine 134 et une deuxième extrémité 214 reliée au stator par une liaison pivot 215. La liaison pivot 215 présente un axe de pivotement noté F s'étendant perpendiculairement à la direction axiale A et à la direction radiale R. Le bras 210 est conformé de sorte que son pivotement entraîne le déplacement de la bobine entre la première position extrême et la deuxième position extrême.

[0075] Dans l'exemple illustré, la liaison pivot 215 est arrangé en amont de la bobine. Toutefois, elle peut être arrangé en aval de celle-ci.

[0076] En effet, le bras 210 est configuré pour pivoter autour de l'axe de pivotement F entre une première position correspondant à la première position extrême de la bobine 134 et une deuxième position correspondant à la deuxième position extrême de la bobine 134.

Ainsi, le stator 130 comporte en outre une tige 220 s'étendant radialement entre une première extrémité 222 fixée à la surface interne 132 du stator 130 et une seconde extrémité 224 conformée pour former une butée 226 pour le bras 210 dans la première position.

- [0077] Par exemple, le bras 210 comporte un orifice traversant à sa deuxième extrémité 214 recevant la tige 220 et la deuxième extrémité 224 de la tige 220 comporte une protubérance 227 de diamètre/dimension supérieur à celui de la tige à sa première extrémité 222 afin de former une butée 226 pour le bras 210.
- [0078] La [Fig.15] illustre la machine électrique en fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque le rotor ne subit aucun déplacement radial dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines du stator sont dans leur première position extrême. Plus précisément, celles-ci sont maintenues dans la première position extrême en fonctionnement normal par des éléments de rappel. Chaque élément de rappel est supporté par la surface interne 132 du stator 130. Chaque élément de rappel est arrangé entre la surface interne 132 du stator 130 et la bobine 134 associée de sorte à maintenir la bobine dans la première position extrême.
- [0079] Dans l'exemple illustré, l'élément de rappel est une lamelle 240 dont une première extrémité 242 est reliée au stator 130 et une seconde extrémité 244 opposée à la première extrémité est reliée à la bobine 134 et conformée pour rappeler la bobine dans la première position extrême.
- [0080] Toutefois, en variante, l'élément de rappel peut être un ressort de rappel dont une première extrémité est reliée au stator et une seconde extrémité opposée à la première extrémité est reliée à la surface radialement extérieure de la bobine pour rappeler la bobine dans sa première position extrême.
- [0081] De plus, afin de garantir l'absence de contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor 120 et les éléments supportés par le stator 130, les bobines 134 dans l'exemple illustré, le rotor 120 comporte avantageusement pour chaque élément magnétique 124 au moins un élément de contact principal 170 et le stator 130 comporte également pour chaque élément supporté par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, au moins un élément de contact secondaire 180. Chaque élément de contact principal 170 du rotor 120 est arrangé en vis-à-vis d'un élément de contact secondaire 180 du stator 130. L'élément de contact principal 170 et l'élément de contact secondaire 180 sont conformés pour éviter un contact entre la bobine 134 du stator 130 et l'élément magnétique 124 du rotor 120 en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator ([Fig.16]).
- [0082] La [Fig.16] illustre la machine électrique en fonctionnement anormal, c'est-à-dire lorsque le rotor subit un déplacement radial, schématisé par la flèche F1, dû par exemple à des balourds. Dans ce cas, les bobines 134 du stator vers lesquelles le rotor se déplace, sont déplacées radialement vers l'extérieur selon la flèche vers leur deuxième position extrême dès que des éléments de contact principaux 170 du rotor 120 associés sont en contact avec des éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130. L'élément de rappel, la lamelle 240 dans l'exemple illustré, est

encore plus contrainte que dans la première position extrême ([Fig.14]).

Plus précisément, les bobines 134 du stator vers lesquelles le rotor se déplace, sont pivotées autour de l'axe de pivotement F entraînant un déplacement radial vers l'extérieur desdites bobines.

- [0083] Le déplacement des éléments supportés par le stator, les bobines 134 dans l'exemple illustré, radialement vers l'extérieur, suite au contact des éléments de contact principaux 170 du rotor avec les éléments de contact secondaires 180 correspondants du stator 130, permet de diminuer fortement voire supprimer tout risque de contact entre les éléments magnétiques 124 du rotor et les bobines 134 du stator. De ce fait, ni la machine électrique ne subit de dégradation ni la situation dynamique de la turbomachine n'est modifiée.
- [0084] Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 15 et 16, un élément de contact principal 170 dit « élément de contact principal aval » est supporté par une surface radialement extérieure du bord aval 128 du disque 122 du rotor.
- [0085] De façon similaire, un élément de contact secondaire 180 dit « élément de contact secondaire aval » est supporté par un bord aval 139 de la surface radialement intérieure 136 de la bobine 134 du rotor 130.
- [0086] De préférence, chaque élément de contact principal 170 et chaque élément de contact secondaire 180 est en matériau à faible coefficient de friction, de préférence en bronze ou en Téflon® afin de limiter les échauffements et les dégradations.
- [0087] En outre, les éléments de contact principaux peuvent être frettés, vissés ou collés au disque 122 du rotor. De façon similaire, les éléments de contact secondaires peuvent être fixés au support de la bobine par frettage, vissage ou collage.
- [0088] L'invention telle que décrite précédemment permet ainsi le déplacement radial des éléments supportés par le stator d'une machine électrique afin de réduire l'entrefer, d'augmenter les performances tout en étant robuste aux consommations de jeu rotor / stator.
- [0089] En effet, les inventeurs ont estimé que l'invention permet une réduction de 20% de l'entrefer par rapport à une machine électrique de l'art antérieur permettant ainsi un gain d'environ 5% en masse de la machine électrique à puissance équivalente.

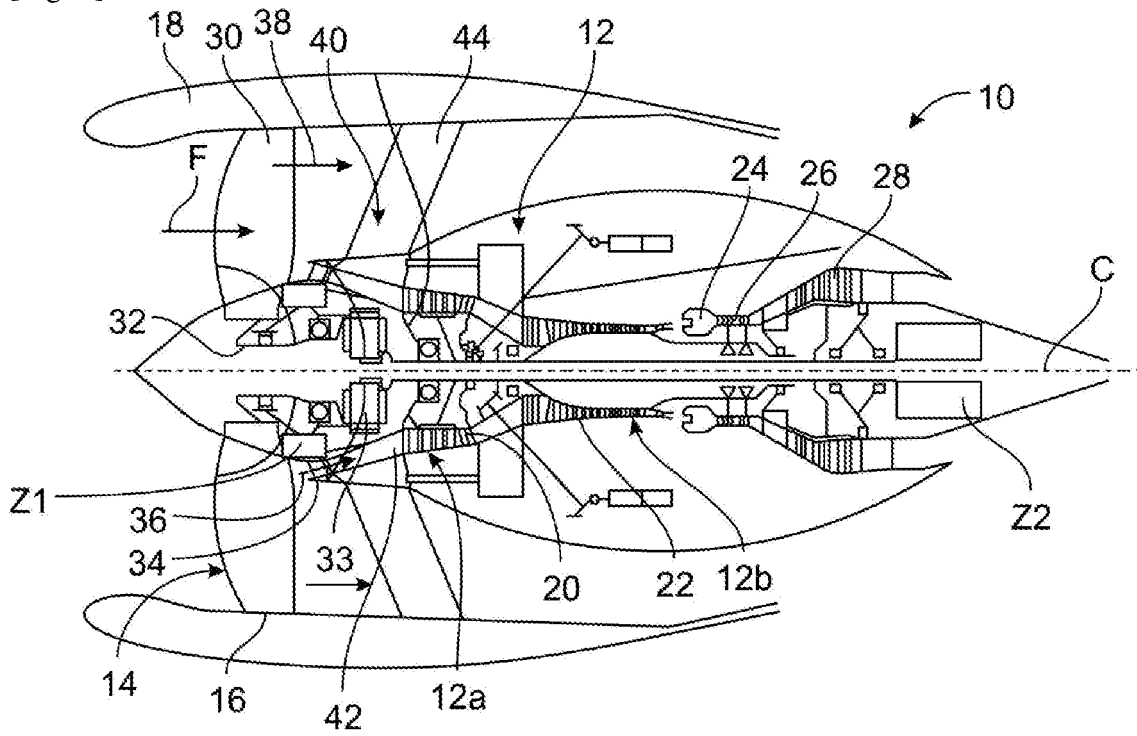
Revendications

- [Revendication 1] Module (100) pour une turbomachine, notamment pour une turbomachine d'aéronef, comprenant un arbre s'étendant selon une direction axiale et une machine électrique (110) comprenant :
- un rotor (120) couplé en rotation avec l'arbre du module, le rotor comprenant un disque (122) et des éléments magnétiques (124) arrangés régulièrement en périphérie du disque , et
 - un stator (130) solidaire d'un carter du module comprenant un anneau et des bobines (134) réparties de manière annulaire à l'intérieur de l'anneau du stator, les bobines sont arrangées à l'extérieur des éléments magnétiques du rotor suivant une direction radiale, caractérisé en ce que chaque bobine est mobile radialement entre une première position extrême et une deuxième position extrême, chaque bobine étant maintenue dans la première position en fonctionnement normal et déplacée vers la deuxième position extrême en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator.
- [Revendication 2] Module selon la revendication 1, dans lequel le stator (130) supporte des éléments de rappel (140, 240), chacun conformé pour maintenir une bobine (134) associée dans la première position en fonctionnement normal, chaque élément de rappel (140, 240) étant arrangé entre le stator et la bobine associée.
- [Revendication 3] Module selon la revendication 2, dans lequel chaque élément de rappel est un ressort (140) ou une lamelle (240) dont une première extrémité est reliée au stator et une seconde extrémité opposée à la première extrémité est reliée à la bobine.
- [Revendication 4] Module selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le stator (130) comporte pour chaque bobine (134) au moins une glissière configurée pour guider en translation rectiligne selon une direction radiale la bobine entre les première et deuxième positions extrêmes.
- [Revendication 5] Module selon la revendication 4, dans lequel chaque bobine comporte deux orifices (150) traversants recevant chacun une tige (160) formant glissière, chaque tige (160) ayant une section circulaire et s'étendant sensiblement radialement entre une première extrémité (162) fixée au stator (130) et une seconde extrémité (164) conformée pour former une butée (166) pour la bobine (134) dans la première position extrême.
- [Revendication 6] Module selon la revendication 4, dans lequel chaque bobine (134) comporte un orifice traversant (150) recevant une tige (160) formant

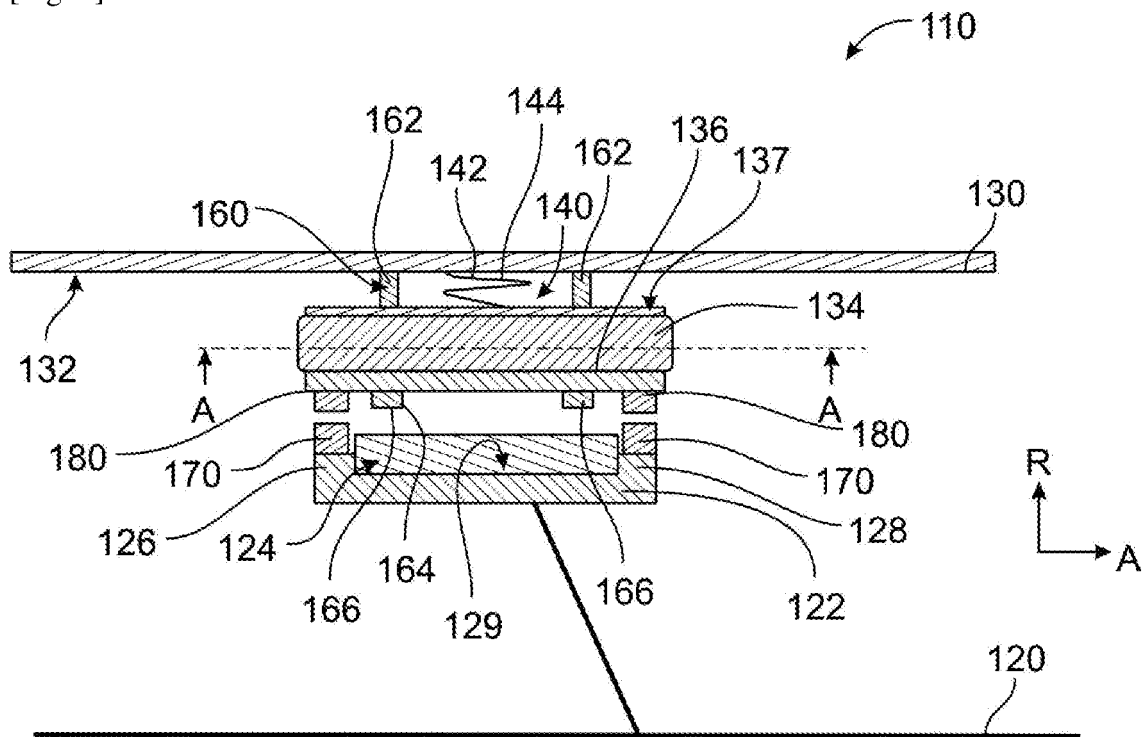
glissière, la tige s'étendant radialement entre une première extrémité (162) fixée au stator (130) et une seconde extrémité (164) conformée pour former une butée (166) pour la bobine (134) dans la première position extrême. la tige ayant une section non circulaire, de préférence rectangulaire ou oblongue.

- [Revendication 7] Module selon la revendication 4, dans lequel chaque bobine (134) est arrangée dans une gouttière (190) formant glissière, la gouttière présente un corps cylindrique (191) de forme complémentaire à la bobine associée et conformé pour guider la bobine en translation rectiligne selon la direction radiale entre les première et deuxième positions extrêmes, le corps cylindrique s'étendant radialement entre une première extrémité (192) fixée au stator et une seconde extrémité (194) conformée pour former une butée (196) pour la bobine dans la première position extrême.
- [Revendication 8] Module selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le stator (130) comporte, pour chaque bobine (134), un bras (210) comprenant une première extrémité (212) fixée à la bobine (134) et une deuxième extrémité (214) reliée au stator par une liaison pivot (215) ayant un axe de pivotement (F) s'étendant perpendiculairement à la direction axiale (A), le bras (210) étant conformé de sorte que son pivotement entraîne le déplacement de la bobine (134) entre la première position extrême et la deuxième position extrême.
- [Revendication 9] Module selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le rotor comporte pour chaque élément magnétique au moins un élément de contact principal (170) et le stator (130) comporte pour chaque bobine (134) au moins un élément de contact secondaire (180), chaque élément de contact principal du rotor étant arrangé en vis-à-vis d'un élément de contact secondaire du stator, l'élément de contact principal et l'élément de contact secondaire étant conformés pour éviter un contact entre la bobine du stator et l'élément magnétique du rotor en cas de déplacement du rotor radialement vers la bobine du stator.
- [Revendication 10] Turbomachine, notamment turbomachine d'aéronef, comprenant au moins un module selon l'une des revendications précédentes.

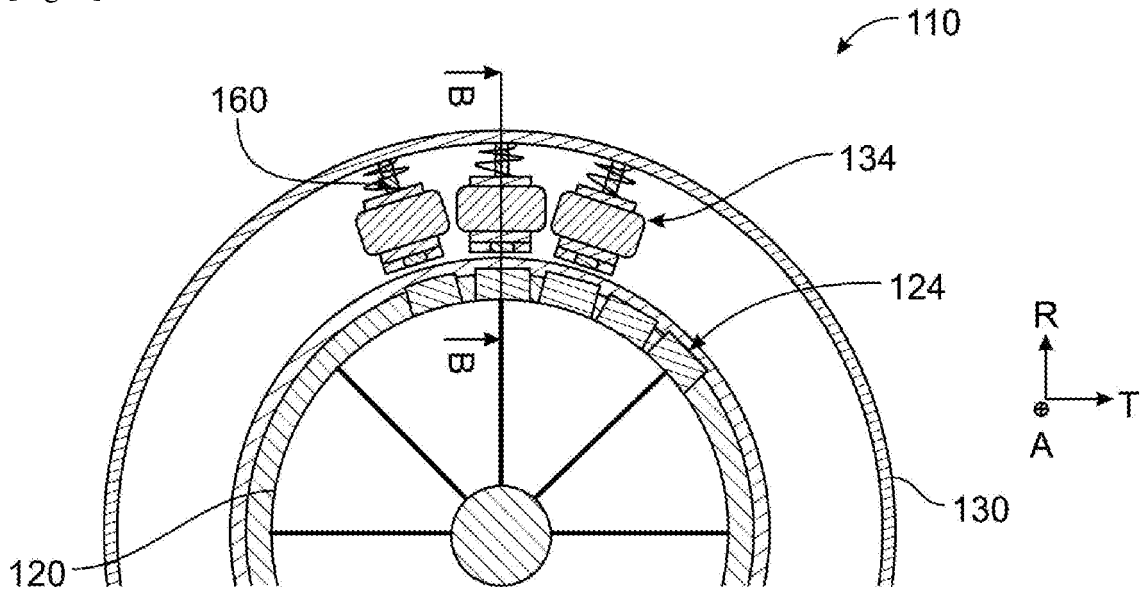
[Fig. 1]



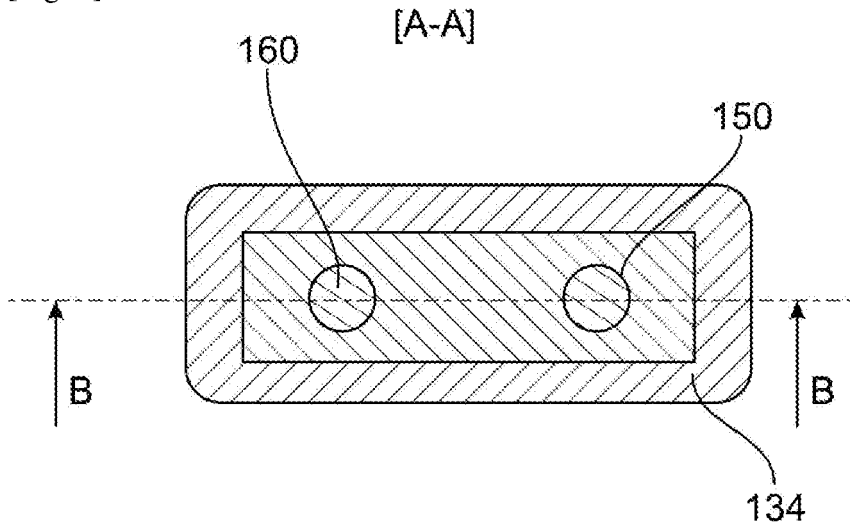
[Fig. 2]



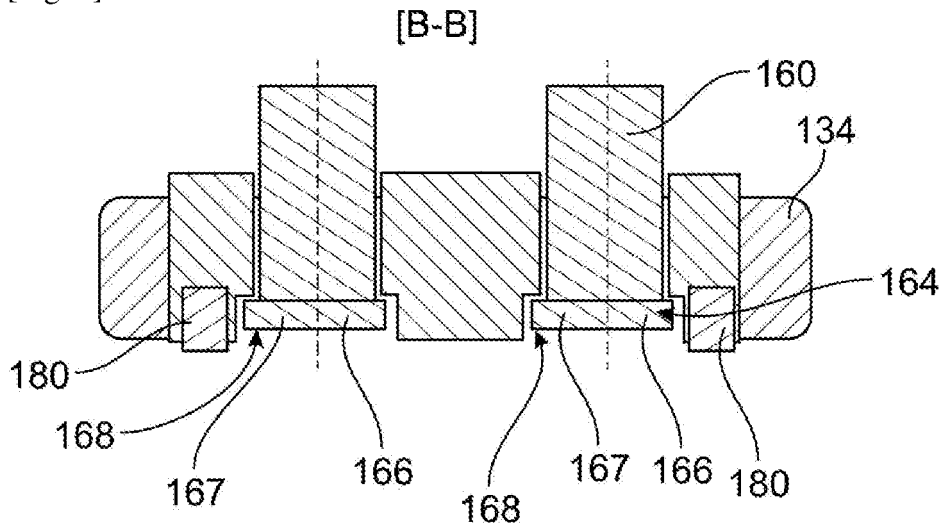
[Fig. 3]



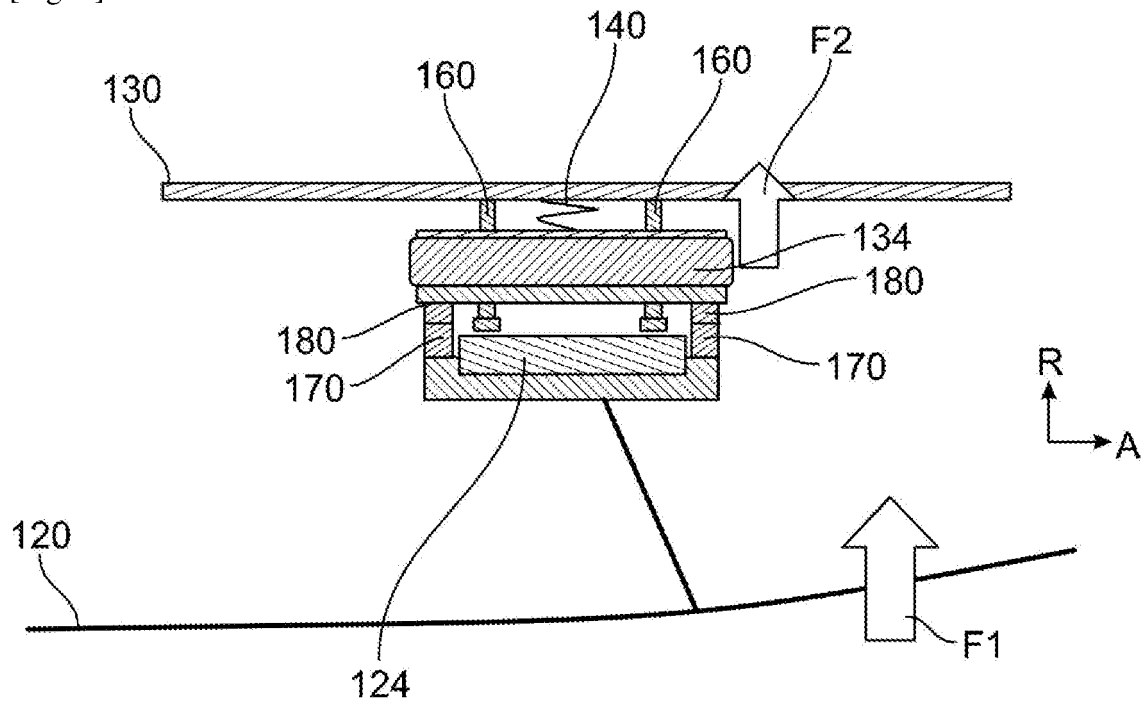
[Fig. 4]



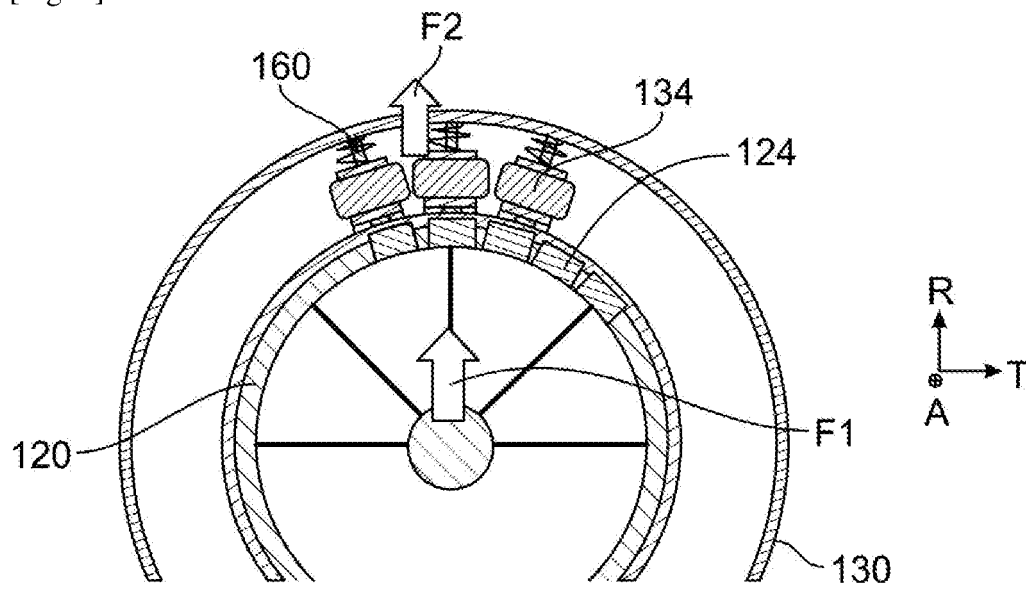
[Fig. 5]



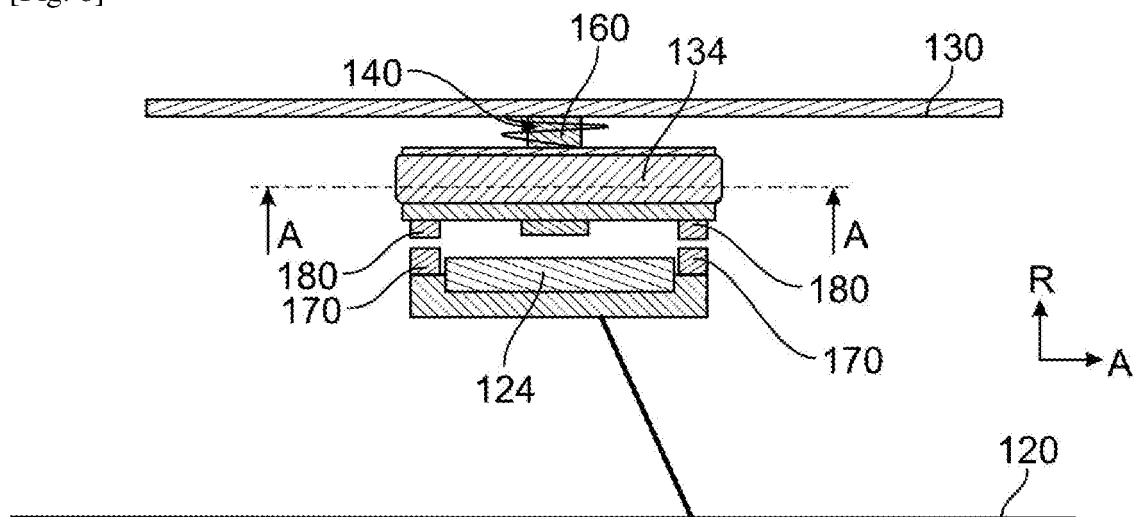
[Fig. 6]



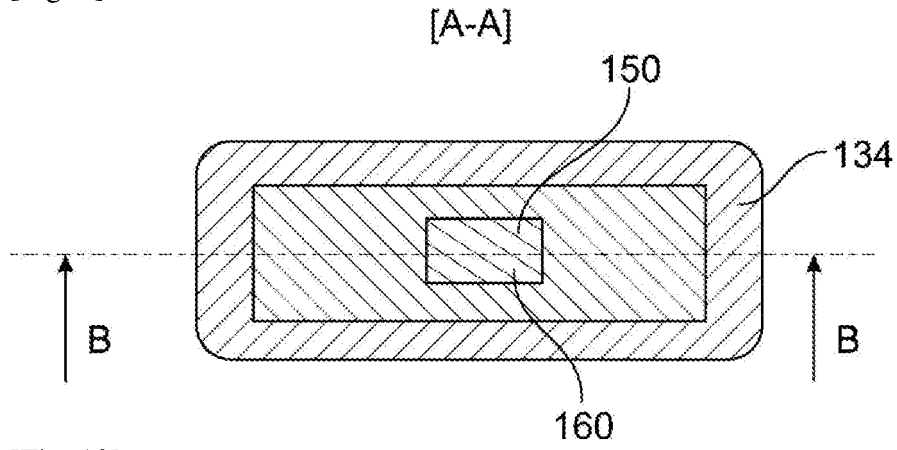
[Fig. 7]



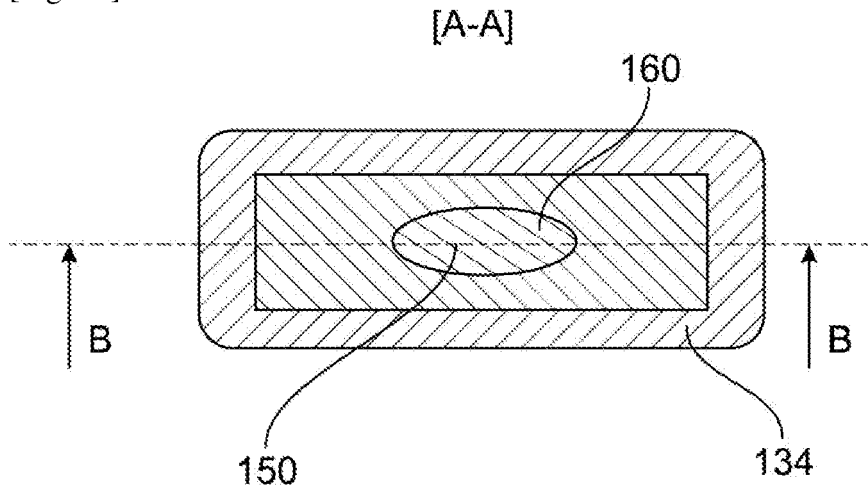
[Fig. 8]



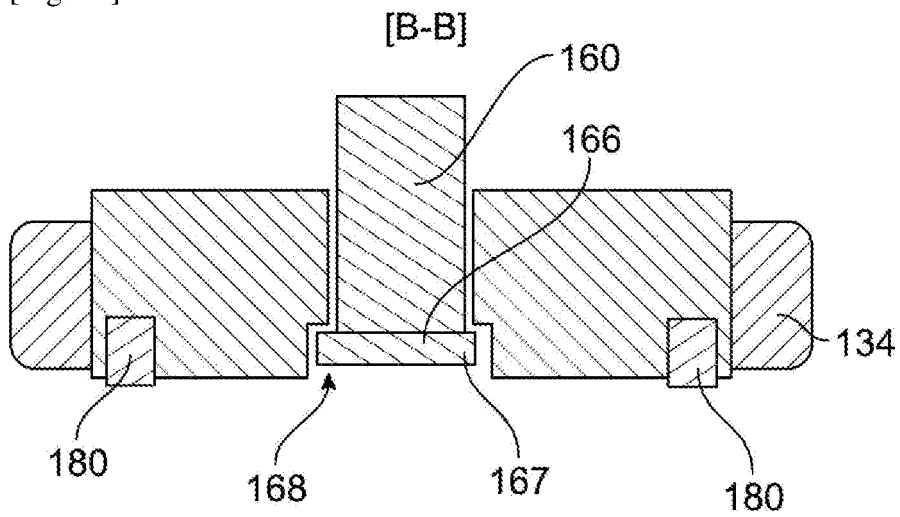
[Fig. 9]



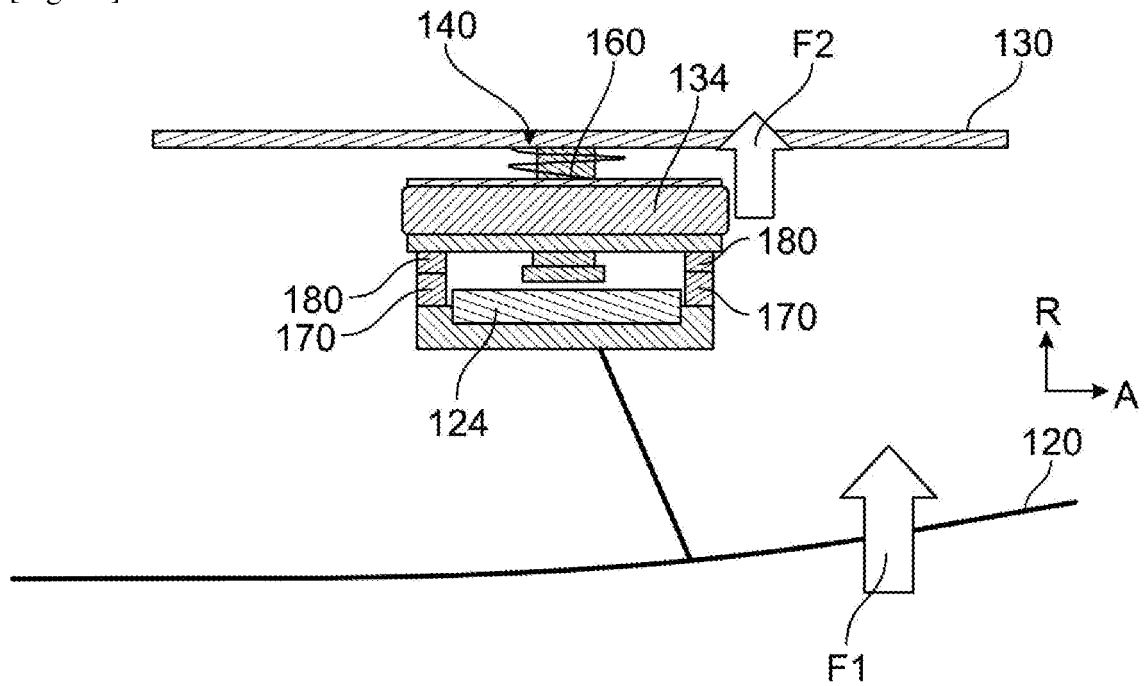
[Fig. 10]



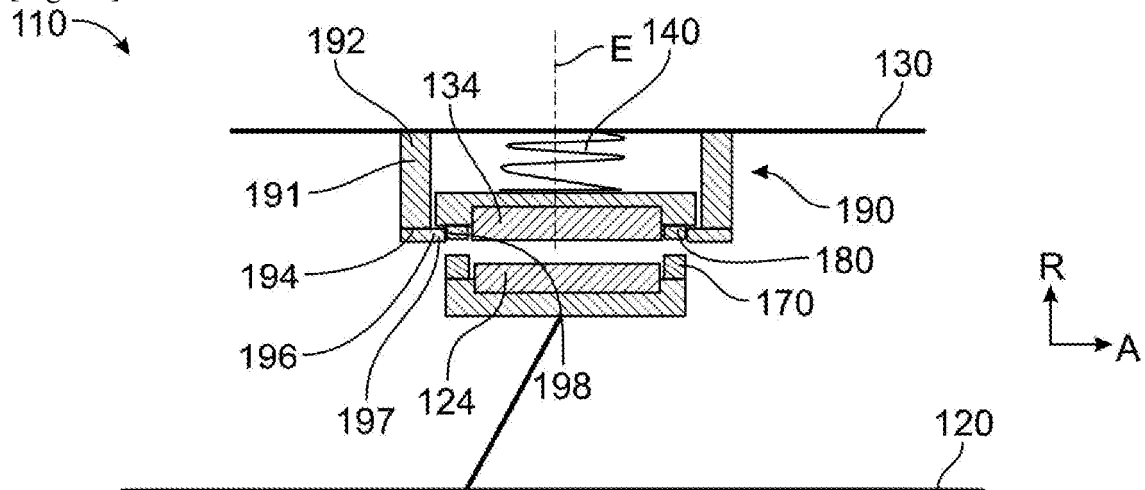
[Fig. 11]



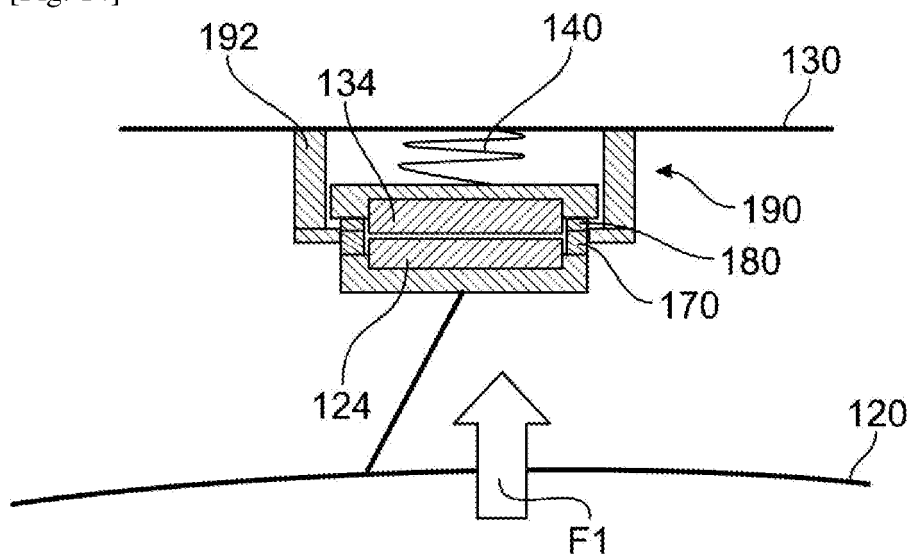
[Fig. 12]



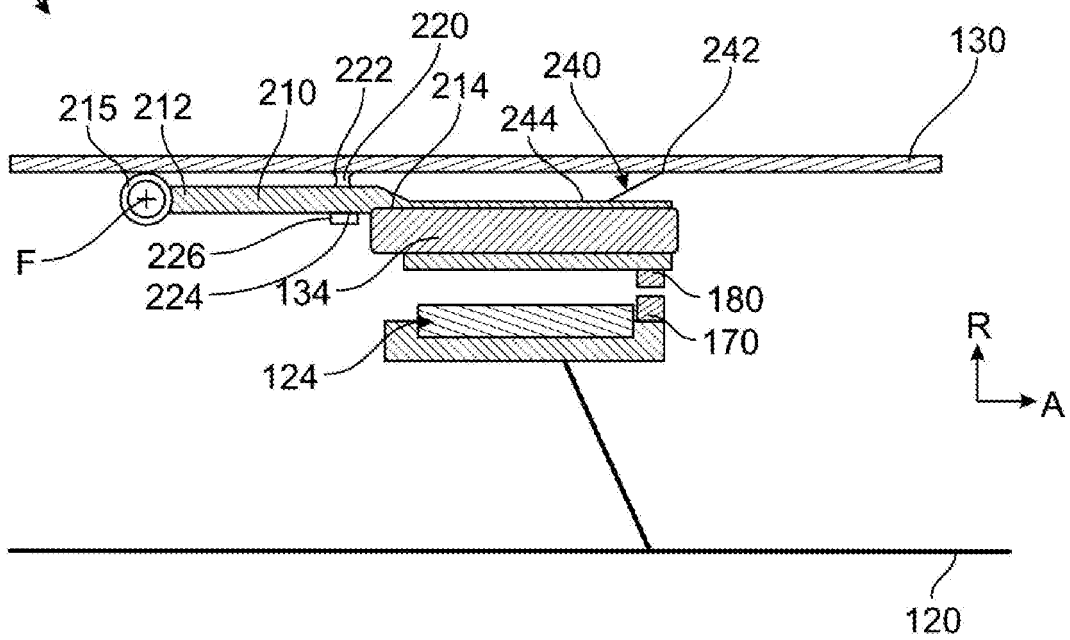
[Fig. 13]



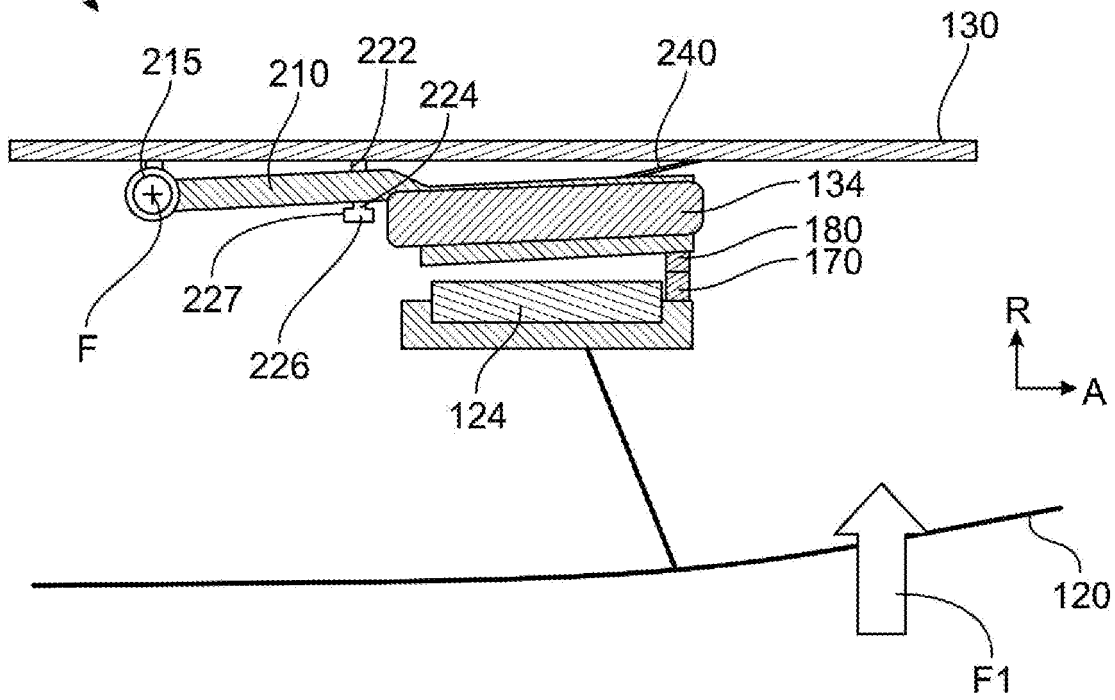
[Fig. 14]



[Fig. 15]
110



[Fig. 16]
110



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 918297
FR 2303173

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	EP 3 029 814 A2 (BOEING CO [US]) 8 juin 2016 (2016-06-08) * alinéas [0023], [0024], [0032] - [0035] * -----	1-10	F01D 15/10 F01D 21/04 F02C 7/32 H02K 11/20 H02K 7/18
Y	WO 2012/159108 A2 (VESTAS WIND SYS AS [DK]; MONGEAU PETER [US]) 22 novembre 2012 (2012-11-22) * alinéa [0065] - alinéa [0111] * -----	1-10	
Y	US 2015/171722 A1 (HON YONPYO [JP] ET AL) 18 juin 2015 (2015-06-18) * alinéas [0028], [0029] * -----	7	
A	EP 2 369 720 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 septembre 2011 (2011-09-28) * alinéas [0010], [0036], [0050] * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 octobre 2023		Frapporti, Marc	
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 2303173 FA 918297**

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 **18-10-2023**
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
EP 3029814	A2	08-06-2016	EP 3029814 A2
			US 2016164372 A1

WO 2012159108	A2	22-11-2012	CN 103688449 A
			EP 2712474 A2
			US 2014133985 A1
			WO 2012159108 A2

US 2015171722	A1	18-06-2015	CN 104716810 A
			DE 102014118335 A1
			JP 5855631 B2
			JP 2015119531 A
			KR 20150070942 A
			US 2015171722 A1

EP 2369720	A1	28-09-2011	CA 2734852 A1
			CN 102201706 A
			EP 2369720 A1
			JP 5745904 B2
			JP 2011205888 A
			NZ 591517 A
			US 2011233938 A1
