

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 148 577

②1 N° d'enregistrement national : 23 04651

⑤1 Int Cl⁸ : B 64 D 15/12 (2023.01), B 64 C 11/14, F 01 D 25/02,
F 02 C 7/047

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.05.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.11.24 Bulletin 24/46.

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 NACELLES Société par
actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CARUEL Pierre Charles.

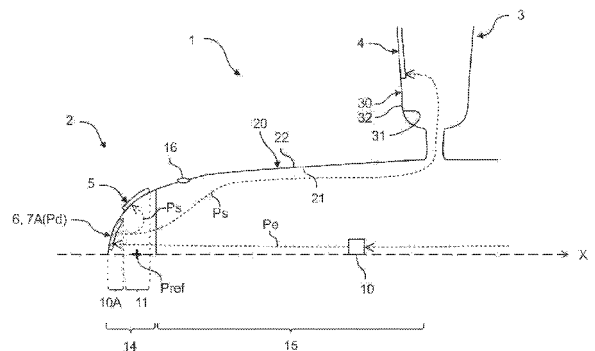
⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN NACELLES Société par actions
simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : ARGYMA.

⑤4 Hélice de turbomachine d'aéronef et son procédé de dégivrage.

⑤7 Une hélice (1) de turbomachine d'aéronef comprenant un cône (2) et une pluralité de pales (3), l'hélice (1) comprenant une pluralité d'organes électriques de dégivrage (4) solidaires d'une paroi (30) des pales (3) et un système de pilotage (6) connecté électriquement aux organes électriques de dégivrage (4) et comprenant au moins un interrupteur électrique (7A) de rapport cyclique de commutation variable configuré, à partir d'une puissance électrique d'entrée (P_e), pour distribuer une puissance électrique de sortie (P_s) aux organes électriques de dégivrage (4) et pour émettre sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée (P_d), au moins un interrupteur électrique (7A) du système de pilotage (6) étant monté sur une face interne (21) d'une paroi (20) du cône (2) de manière à transférer la puissance électrique dissipée (P_d) par conduction thermique dans la paroi (20) du cône (2).

Figure de l'abrégé : Figure 3



FR 3 148 577 - A1



Description

Titre de l'invention : Hélice de turbomachine d'aéronef et son procédé de dégivrage

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des turbomachines d'aéronef et vise plus particulièrement le dégivrage d'une hélice d'une turbomachine d'un aéronef.
- [0002] De manière connue, une turbomachine d'aéronef comprend une hélice à l'amont de l'entrée d'air de la turbomachine. L'hélice comprend un cône carénant un moyeu et un ensemble de pales s'étendant radialement à partir du moyeu. L'hélice est entraînée en rotation par un arbre rotatif de la turbomachine, en pratique via un réducteur de vitesse connu de l'homme du métier sous la désignation « Reduction Gear Box (RGB) ».
- [0003] Au cours du vol de l'aéronef, du givre est susceptible de se former sur l'hélice. L'accumulation de givre est indésirable car cela peut modifier la masse de l'hélice mais également son équilibre autour de l'axe de rotation et son aérodynamisme. De plus, le détachement d'un bloc de givre de l'hélice peut entraîner son ingestion dans la turbomachine, ce qui est susceptible de l'endommager.
- [0004] Pour éviter la formation et/ou l'accumulation de givre, il est connu de positionner des éléments chauffants sur la paroi des pales au niveau du bord d'attaque ainsi que, dans certains cas, sur la paroi du cône. Les éléments chauffants se présentent sous la forme de tapis chauffants comprenant des résistances électriques, qui sont activées en présence de conditions givrantes. Ceci prévient la formation de givre et/ou désolidarise le givre qui est éjecté hors de la turbomachine par la force centrifuge liée à la rotation de l'hélice.
- [0005] Il est connu par la demande FR3096080A1 d'alimenter électriquement les éléments chauffants par un alternateur à aimants permanents monté dans le boîtier d'accessoires, connu de l'homme du métier sous la désignation « Accessory Gear Box (AGB) ». A partir d'un couple prélevé sur un arbre rotatif de la turbomachine, l'alternateur à aimants permanents produit un courant électrique continu. Un onduleur convertit le courant électrique continu en courant électrique alternatif qui est transmis par un transformateur tournant aux éléments chauffants montés dans l'hélice rotative. Le transformateur tournant comprend un rotor couplé en rotation à l'hélice et un stator monté dans une partie fixe de la turbomachine, par exemple dans la cavité délimitée par le carter de compresseur.
- [0006] Pour assurer un dégivrage à la fois efficace et sans risque de surchauffe de l'hélice, il est connu de piloter la puissance électrique fournie aux éléments chauffants avec un ensemble d'interrupteurs. En pratique, chaque interrupteur se présente sous la forme

d'un composant d'électronique de puissance, par exemple, un transistor (IGBT, etc). L'ensemble d'interrupteurs comporte un rapport cyclique de commutation réglable en fonction notamment des conditions climatiques et du régime de fonctionnement de la turbomachine. L'ensemble d'interrupteurs doit être monté entre le transformateur tournant et les éléments chauffants pour se limiter à un unique transformateur tournant pour tous les éléments chauffants. Cela impose de positionner l'ensemble d'interrupteurs dans la cavité délimitée par le cône de manière centrée par rapport à l'axe rotatif du cône pour éviter un effet de balourd.

- [0007] En pratique, l'ensemble d'interrupteurs dissipe sous forme de chaleur une partie de la puissance électrique transmise par le transformateur tournant, pouvant atteindre quelques pourcents. Un tel échauffement d'un composant d'électronique de puissance est indésirable et impose d'intégrer un dispositif de ventilation dans le cône, ce qui augmente la masse embarquée, la complexité et les coûts.
- [0008] L'invention vise ainsi à éliminer au moins certains de ces inconvénients.
- [0009] De plus, le changement climatique est une préoccupation majeure pour de nombreux organes législatifs et de régulation à travers le monde. En effet, diverses restrictions sur les émissions de carbone ont été, sont ou seront adoptées par divers Etats. En particulier, une norme ambitieuse s'applique à la fois aux nouveaux types d'avions mais aussi ceux en circulation nécessitant de devoir mettre en œuvre des solutions technologiques afin de les rendre conformes aux réglementations en vigueur. L'aviation civile se mobilise depuis maintenant plusieurs années pour apporter une contribution à la lutte contre le changement climatique.
- [0010] Les efforts de recherche technologique ont déjà permis d'améliorer de manière très significative les performances environnementales des avions. La Déposante prend en considération les facteurs impactant dans toutes les phases de conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des conséquences environnementales modérées dans un but d'amélioration de l'efficacité énergétique des avions.
- [0011] Par voie de conséquence, la Déposante travaille en permanence à la réduction de son incidence climatique négative par l'emploi de méthodes et l'exploitation de procédés de développement et de fabrication vertueux et minimisant les émissions de gaz à effet de serre au minimum possible pour réduire l'empreinte environnementale de son activité.
- [0012] Ces travaux de recherche et de développement soutenus portent à la fois sur les nouvelles générations de moteurs d'aéronefs, l'allègement des appareils, notamment par les matériaux employés et les équipements embarqués allégés, le développement de l'emploi des technologies électriques pour assurer la propulsion, et, indispensables

compléments aux progrès technologiques, les biocarburants aéronautiques.

[0013] A cet effet, l'invention est le résultat des recherches technologiques visant à améliorer de manière très significative les performances des aéronefs et, en ce sens, contribue à la réduction de l'impact environnemental des aéronefs.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0014] L'invention concerne une hélice de turbomachine d'aéronef comprenant un cône et une pluralité de pales, le cône s'étendant selon un axe longitudinal orienté d'amont en aval et étant configuré pour être entraîné en rotation par un arbre de la turbomachine d'aéronef, le cône comprenant une paroi avec une face interne et une face externe, l'hélice comprenant :

- une pluralité d'organes électriques de dégivrage solidaires d'une paroi des pales afin de les dégivrer,
- un système de pilotage connecté électriquement aux organes électriques de dégivrage et comprenant au moins un interrupteur électrique de rapport cyclique de commutation variable configuré, à partir d'une puissance électrique d'entrée, pour distribuer une puissance électrique de sortie aux organes électriques de dégivrage et pour émettre sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée.

[0015] L'invention est remarquable en ce qu'au moins un interrupteur électrique du système de pilotage, dit « interrupteur électrique dégivrant », est monté sur la face interne de la paroi du cône de manière à transférer la puissance électrique dissipée par conduction thermique dans la paroi du cône.

[0016] L'invention permet avantageusement de favoriser le refroidissement de l'électronique de commande montée dans le cône de l'hélice pour assurer le dégivrage des pales. Le montage des interrupteurs électriques sur la paroi du cône permet en effet de transférer la puissance électrique dissipée sous forme de chaleur par les interrupteurs électriques dans la paroi du cône par conduction thermique. La chaleur émise par les interrupteurs électriques est ainsi avantageusement dissipée efficacement vers l'extérieur au lieu de s'accumuler à l'intérieur du cône. Aucun dispositif de refroidissement n'est nécessaire dans le cône. Un tel positionnement des interrupteurs électriques permet en outre avantageusement de contribuer directement au dégivrage du cône de l'hélice, car la puissance électrique dissipée sous forme de chaleur par les interrupteurs électriques réchauffe la paroi du cône par conduction thermique.

[0017] Selon un aspect de l'invention, le ou les interrupteurs électriques dégivrants ont un centre d'inertie global appartenant à l'axe longitudinal. Ceci évite un effet de balourd dans le cône.

[0018] Selon un aspect de l'invention, le système de pilotage comprend une pluralité

d'interrupteurs électriques dégivrants, les interrupteurs électriques dégivrants étant disposés sur au moins un tronçon du cône s'étendant transversalement par rapport à l'axe longitudinal. Les interrupteurs électriques dégivrants sont avantageusement disposés longitudinalement par rapport au cône en fonction du besoin de dégivrage qui dépend des conditions d'écoulement du flux d'air entrant.

[0019] Selon un premier aspect de l'invention, l'hélice comprend :

- une pluralité d'organes électriques de dégivrage solidaires de la paroi du cône et disposés sur au moins un tronçon du cône s'étendant transversalement par rapport à l'axe longitudinal et ayant une position longitudinale donnée dite « position de dégivrage de référence »,
- les interrupteurs électriques dégivrants étant disposés sur un tronçon dit « tronçon amont » s'étendant en amont de la position de dégivrage de référence ou sur un tronçon dit « tronçon aval » s'étendant en aval de la position de dégivrage de référence.

[0020] Les organes électriques de dégivrage assurent ainsi un dégivrage au niveau de la zone la plus sujette au givre, où le flux d'air entrant est attaché à la paroi. Les interrupteurs électriques dégivrants disposés à l'amont assurent un dégivrage du bord d'attaque du cône, au niveau où le flux d'air est détaché de la paroi, où le besoin de dégivrage est moindre. Le besoin de dégivrage est également moindre plus en aval du cône.

[0021] Selon un deuxième aspect de l'invention, l'hélice comprend :

- une pluralité d'organes électriques de dégivrage montés solidaires de la paroi du cône et disposés sur au moins un tronçon du cône s'étendant transversalement par rapport à l'axe longitudinal et ayant une position longitudinale donnée dite « position de dégivrage de référence »,
- les interrupteurs électriques dégivrants étant disposés sur un tronçon dit « tronçon amont » s'étendant en amont de la position de dégivrage de référence, et sur un tronçon dit « tronçon aval » s'étendant en aval de la position de dégivrage de référence.

[0022] Une telle architecture permet avantageusement un dégivrage important du cône sur une large portion. Le refroidissement du système de pilotage est également amélioré.

[0023] Selon un aspect de l'invention :

- les interrupteurs électriques dégivrants disposés sur le tronçon amont sont configurés pour alimenter électriquement de manière intermittente au moins un organe électrique de dégivrage, et
- les interrupteurs électriques dégivrants disposés sur le tronçon aval sont configurés pour alimenter électriquement de manière continue au moins un organe électrique de dégivrage.

[0024] Les interrupteurs électriques dégivrants du tronçon amont dissipent ainsi davantage

de puissance électrique sous forme de chaleur qu'au niveau du tronçon aval, ce qui permet un meilleur dégivrage du tronçon amont davantage exposé au givre. Les interrupteurs électriques dégivrants du tronçon aval dissipent ainsi de la puissance de façon continue, empêchant l'eau ayant ruisselé suite au dégivrage d'un tronçon amont de regeler, et éventuellement permettent à celle-ci d'être évaporée, empêchant tout risque de formation de glace à l'aval du tronçon aval.

[0025] Selon un aspect de l'invention :

- le cône comprend une partie aval configurée pour être couplée en rotation à un arbre de la turbomachine et une partie amont fixée de manière démontable sur la partie aval,
- au moins un tronçon s'étend dans la partie amont et/ou au moins un tronçon s'étend dans la partie aval.

[0026] Une telle architecture permet avantageusement une maintenance aisée des équipements électriques montés dans le cône.

[0027] Selon un aspect de l'invention, l'hélice comprend une pluralité d'ouvertures d'accès formées dans la paroi du cône au niveau de la partie aval. Ceci permet de déconnecter les interrupteurs électriques dégivrants avant de désassembler la partie amont du cône lors d'une maintenance.

[0028] Selon un aspect de l'invention, les organes électriques de dégivrage se présentent sous la forme d'éléments résistifs ou d'éléments piézoélectriques.

[0029] Selon un aspect préféré de l'invention, les interrupteurs électriques du système de pilotage se présentent sous la forme de thyristors, de transistors à effet de champs, de transistors bipolaires et/ou de transistors bipolaires à grille isolée.

[0030] Selon un aspect préféré de l'invention, la paroi du cône possède une conductivité thermique supérieure à $20 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, de préférence supérieure à $150 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, et préférentiellement comporte de l'aluminium ou du graphène. Ceci favorise les échanges thermiques entre la paroi du cône et les interrupteurs électriques dégivrants.

[0031] Selon un aspect préféré, ledit au moins un interrupteur électrique dégivrant est vissé à la paroi du cône, de préférence au niveau d'une surépaisseur de la paroi du cône. Ceci favorise les échanges thermiques par conduction entre la paroi du cône et les interrupteurs électriques dégivrants.

[0032] Selon un aspect préféré, l'hélice comprend au moins une bande conductrice thermiquement qui est montée sur la face interne du cône en contact avec au moins un interrupteur électrique dégivrant. Ceci favorise les échanges thermiques par conduction entre la paroi du cône et les interrupteurs électriques dégivrants.

[0033] L'invention concerne également un procédé de dégivrage d'une hélice de turbomachine d'aéronef telle que décrite précédemment, dans lequel :

- à partir d'une puissance électrique d'entrée, chaque interrupteur électrique

distribue une puissance électrique de sortie aux organes électriques de dégivrage pour dégivrer les pales et émet sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée,

- ledit au moins un interrupteur électrique dégivrant transfère la puissance électrique dissipée par conduction thermique dans la paroi du cône pour assurer le refroidissement du système de pilotage et le dégivrage de la paroi du cône simultanément.

[0034] L'invention concerne également un procédé de maintenance d'une hélice de turbomachine d'aéronef, consistant à :

- Déconnecter ledit au moins un interrupteur électrique dégivrant via ladite au moins une ouverture d'accès, puis
- Démontér la partie avant du cône de la partie aval du cône.

[0035] L'invention concerne également une turbomachine d'aéronef comprenant un transformateur tournant et une hélice telle que décrite précédemment, le transformateur tournant comprenant un rotor couplé en rotation à l'hélice et un stator monté fixe dans la turbomachine d'aéronef, le transformateur tournant étant configuré pour transmettre un courant électrique alternatif au système de pilotage de l'hélice.

[0036] La turbomachine d'aéronef se présente sous la forme d'un turbopropulseur.

PRESENTATION DES FIGURES

[0037] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, et se référant aux figures suivantes, données à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.

[0038] La [Fig.1] est une représentation schématique en perspective d'une hélice de turbomachine d'aéronef selon une forme de réalisation de l'invention.

[0039] La [Fig.2] est une représentation schématique en perspective d'une hélice de turbomachine d'aéronef selon une autre forme de réalisation de l'invention.

[0040] La [Fig.3] est une représentation schématique en demi-coupe longitudinale de l'hélice selon une première forme de réalisation de l'invention.

[0041] La [Fig.4] est une représentation schématique en coupe transversale des interrupteurs électriques dégivrants de la [Fig.3].

[0042] La [Fig.5] est une représentation schématique en demi-coupe longitudinale de l'hélice selon une deuxième forme de réalisation de l'invention.

[0043] La [Fig.6] est une représentation schématique en demi-coupe longitudinale de l'hélice selon une troisième forme de réalisation de l'invention.

[0044] La [Fig.7] est une représentation schématique en vue de face d'un interrupteur électrique dégivrant monté sur la paroi de cône avec des éléments conducteurs ther-

miquement selon une forme de réalisation de l'invention.

[0045] La [Fig.8] et la [Fig.9] sont deux représentations schématiques en vue de profil du montage d'un interrupteur électrique dégivrant selon deux formes de réalisation alternatives de l'invention.

[0046] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0047] En référence aux figures 1 et 3, l'invention concerne une hélice 1 de turbomachine d'aéronef comprenant :

- un cône 2 s'étendant selon un axe longitudinal X orienté d'amont en aval, le cône 2 étant configuré pour être entraîné en rotation par un arbre de la turbomachine d'aéronef et comprenant une paroi 20 avec une face interne 21, qui est tournée vers l'axe longitudinal X, et une face externe 22, opposée à la face interne 21,
- des pales 3,
- des organes électriques de dégivrage 4 solidaires d'une paroi 30 des pales 3 afin de les dégivrer,
- un système de pilotage 6 connecté électriquement aux organes électriques de dégivrage 4 et comprenant un ou plusieurs interrupteurs électriques 7A de rapport cyclique de commutation variable configurés, à partir d'une puissance électrique d'entrée P_e , pour distribuer une puissance électrique de sortie P_s aux organes électriques de dégivrage 4 et pour émettre sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée P_d .

[0048] Selon l'invention et comme illustré sur les figures 1 et 3, un ou plusieurs interrupteurs électriques 7A du système de pilotage 6, dits « interrupteurs électriques dégivrants », sont montés sur la face interne 21 de la paroi 20 du cône 2 de manière à transférer la puissance électrique dissipée P_d par conduction thermique dans la paroi 20 du cône 2.

[0049] L'invention permet avantageusement de favoriser le refroidissement de l'électronique de commande montée dans le cône de l'hélice pour assurer le dégivrage des pales 3. Le montage des interrupteurs électriques 7A sur la paroi du cône 2 permet en effet de transférer la puissance électrique dissipée sous forme de chaleur par les interrupteurs électriques 7A dans la paroi du cône 2 par conduction thermique. La chaleur émise par les interrupteurs électriques 7A est ainsi avantageusement dissipée efficacement vers l'extérieur au lieu de s'accumuler à l'intérieur du cône 2. Aucun dispositif de refroidissement n'est nécessaire dans le cône 2. Un tel positionnement des

interrupteurs électriques permet en outre avantageusement de contribuer directement au dégivrage du cône 2 de l'hélice, car la puissance électrique dissipée sous forme de chaleur par les interrupteurs électriques réchauffe la paroi du cône 2 par conduction thermique.

- [0050] En référence à la [Fig.1], l'hélice 1 est montée rotative selon l'axe longitudinal X à l'amont de la turbomachine d'aéronef, plus précisément à l'amont de l'entrée d'air (non représentée). L'hélice 1 est entraînée en rotation par un arbre rotatif de la turbomachine, en pratique via un réducteur de vitesse connu de l'homme du métier sous la désignation « Reduction Gear Box (RGB) ». L'amont et l'aval sont définis par rapport à l'axe longitudinal X du cône 2 de l'hélice 1 dont le sommet s'étend à l'amont et la base à l'aval. Les pales 3 s'étendent quant à elles radialement à partir du cône 2. La direction radiale est définie par rapport à celle de l'axe longitudinal X.
- [0051] L'invention présente un avantage particulier dans le cas d'une hélice 1 de turbo-propulseur, qui présente un cône 2 de longueur plus importante que les autres architectures de turbomachine, de préférence supérieure à une fois son diamètre, ce qui le rend davantage sujet à la présence de givre. L'invention s'applique toutefois à une hélice 1 de tout type de turbomachine, carénée ou non.
- [0052] De préférence, la paroi 20 du cône 2 possède une conductivité thermique supérieure à $20 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, de préférence supérieure à $150 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$. Selon un aspect, la paroi 20 du cône 2 est en aluminium ou en graphène qui possède une conductivité thermique élevée pour améliorer le transfert thermique entre les interrupteurs électriques dégivrants 7A et la paroi 20. Ceci favorise le refroidissement des interrupteurs électriques dégivrants 7A et le dégivrage du cône 2.
- [0053] De préférence également, comme illustré dans l'exemple de la [Fig.2], le cône 2 de l'hélice 1 présente une partie amont 14 et une partie aval 15, la partie amont 14 étant démontable de la partie aval 15. Le cône 2 présente de plus des ouvertures d'accès 16 dans la partie aval 15. Comme ce sera vu par la suite, la partie amont 14 démontable permet de faciliter l'accès aux équipements montés dans le cône 2 lors d'une maintenance. Les ouvertures d'accès 16 permettent avantageusement de déconnecter les interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B avant de démonter la partie amont 14.
- [0054] En référence à la [Fig.3], les organes électriques de dégivrage 4 s'étendent à l'amont des pales 3, au niveau de bord d'attaque, qui est la zone la plus sujette à la formation de givre. Les organes électriques de dégivrage 4 sont solidaires de la paroi 30 des pales 3, à savoir dans cet exemple montés sur la face interne 31 de la paroi 30 de manière à être protégés des conditions extérieures et à préserver l'aérodynamisme des pales 3. Alternativement, les organes électriques de dégivrage 4 sont montés sur la face externe 32 de la paroi 30 des pales 3, pour un dégivrage plus efficace. Les organes électriques de dégivrage 4 peuvent également être intégrés dans la paroi 30 des pales 3 ou encore

être montés dans un logement formé dans la paroi 30 des pales 3.

- [0055] Comme illustré sur la [Fig.3], de préférence, notamment dans le cas d'une hélice 1 de turbopropulseur, des organes électriques de dégivrage 5 sont également solidaires de la paroi 20 du cône 2 pour en assurer le dégivrage. Les organes électriques de dégivrage 5 du cône 2 s'étendent de préférence dans la partie amont 14 démontable qui est la plus exposée au givre. De même que pour les pales 3, les organes électriques de dégivrage 5 du cône sont selon un aspect montés sur la face externe 22 de la paroi 20 du cône 2, comme illustré sur la [Fig.3], ou sur la face interne 21, ou encore sont intégrés dans la paroi 20 du cône 2, ou encore sont montés dans un logement formé dans la paroi 20 du cône 2.
- [0056] Les organes électriques de dégivrage 4, 5 des pales 3 et/ou du cône 2 se présentent selon un aspect préféré sous la forme d'éléments résistifs chauffants, tels que des tapis chauffants résistifs. Les éléments résistifs chauffants comprennent des résistances électriques qui sont configurées, lorsqu'elles sont alimentées électriquement, pour dissiper une puissance électrique sous forme de chaleur dans la paroi des pales 3 et/ou du cône 2. La paroi ainsi chauffée évite la formation de givre et/ou désolidarise de la paroi le givre présent.
- [0057] Alternativement, les organes électriques de dégivrage 4, 5 des pales 3 et/ou du cône 2 se présentent sous la forme d'éléments piézoélectriques vibrants configurés, lorsqu'ils sont alimentés électriquement, pour se déformer mécaniquement et transmettre des contraintes mécaniques dans la paroi (vibrations), ce qui évite la formation de givre et/ou désolidarise de la paroi le givre présent.
- [0058] Les organes électriques de dégivrage 4, 5 peuvent être alimentés de manière continue ou intermittente en fonction du besoin de dégivrage et de leur positionnement sur l'hélice. Selon un aspect préféré, les organes électriques de dégivrage 4 solidaires de la paroi les pales 3 et les organes électriques de dégivrage 5 solidaires de la pointe amont du cône 2 sont alimentés de manière intermittente. Selon un aspect, les organes électriques de dégivrage 5 montés plus en aval dans le cône 2, par exemple au bord aval de la partie amont 14 sont quant à eux alimentés de manière continue pour éviter un ruissellement d'eau issu des autres portions dégivrées en amont en évaporant ledit ruissellement d'eau.
- [0059] L'alimentation électrique est réalisée de manière interne à la turbomachine d'aéronef, par exemple, par un alternateur à aimants permanents monté dans le boîtier d'accessoires, connu de l'homme du métier sous la désignation « Accessory Gear Box (AGB) ». A partir d'un couple prélevé sur un arbre rotatif de la turbomachine, l'alternateur à aimants permanents produit un courant électrique continu. Un onduleur convertit le courant électrique continu en courant électrique alternatif qui est transmis par un transformateur tournant au système de pilotage 6 dans l'hélice 1. Le trans-

formateur tournant comprend un rotor couplé en rotation à l'hélice 1 et un stator monté dans une partie fixe de la turbomachine, par exemple dans la cavité délimitée par le carter de compresseur. Cet aspect est connu de l'homme du métier et n'est pas décrit davantage.

- [0060] En référence à la [Fig.3], la puissance électrique fournie aux organes électriques de dégivrage 4, 5 est pilotée par le système de pilotage 6, qui est monté dans le repère tournant du cône 2. Le système de pilotage 6 comprend un dispositif de commande 10 configuré pour répartir la puissance électrique dédiée au dégivrage entre les pales 3, ainsi que de préférence la puissance électrique dédiée au contrôle du pas des pales (non représenté sur la [Fig.3]). Le dispositif électrique de commutation 10, tel qu'un calculateur électronique analogique ou numérique réalisant la répartition temporelle de la puissance entre les différentes parties chauffantes, est de préférence monté selon l'axe longitudinal X pour éviter de générer un effet de balourd dans le cône 2.
- [0061] Comme décrit précédemment, le système de pilotage 6 comprend également un ensemble d'interrupteurs électriques 7A de rapport de commutation variable contrôlé par le dispositif de commande 10 en fonction notamment des conditions climatiques et du régime de fonctionnement de la turbomachine. Les interrupteurs électriques 7A sont reliés électriquement au dispositif de commande 10 ainsi qu'aux organes électriques de dégivrage 4, 5. Le dispositif de commande 10 est configuré pour fournir une puissance électrique d'entrée P_e aux interrupteurs électriques 7A, lesquels répartissent une puissance électrique de sortie P_s entre les organes électriques de dégivrage 4, 5. Lors de leur fonctionnement, les interrupteurs électriques 7A dissipent sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée P_d vérifiant : $P_e = P_s + P_d$.
- [0062] De manière préférée, les interrupteurs électriques 7A se présentent sous la forme de thyristors, de transistors à effet de champs, de transistors bipolaires et/ou de transistors bipolaires à grille isolée (IGBT).
- [0063] Comme décrit précédemment et illustré sur la [Fig.3], au moins une partie des interrupteurs électriques 7A du système de pilotage 6, et de préférence tous, sont montés sur la face interne 21 de la paroi 20 du cône 2 et dits « interrupteurs électriques dégivrants » en ce qu'ils contribuent à dégivrer le cône 2. En effet, leur montage permet de transférer par conduction thermique la puissance électrique dissipée P_d qu'ils émettent sous forme de chaleur lors de leur fonctionnement.
- [0064] Selon une première forme de réalisation de l'invention illustrée sur les figures 3 et 4, les interrupteurs électriques dégivrants 7A sont positionnés dans la partie amont démontable 14 du cône 2, en amont des organes électriques de dégivrage 5. Les interrupteurs électriques dégivrants 7A sont répartis circonférentiellement sur la paroi 20 du cône 2 de sorte que leur centre d'inertie 8 commun appartient à l'axe longitudinal X. Ceci évite un effet de balourd dans le cône 2. Les interrupteurs électriques dégivrants

7A sont alignés transversalement par rapport à l'axe longitudinal X et sont montés sur une portion de la paroi 20 du cône 2 formant un tronçon 10A transversal par rapport à l'axe longitudinal X. Les interrupteurs électriques dégivrants 7A pourraient alternativement s'étendre en quinconce dans le tronçon 10A. Les interrupteurs électriques dégivrants 7A sont par exemple répartis circonférentiellement autour de l'axe longitudinal X et radialement de manière symétrique par rapport à l'axe longitudinal X.

- [0065] Toujours en référence aux figures 3 et 4, les organes électriques de dégivrage 5 sont également alignés ou disposés en quinconce transversalement par rapport à l'axe longitudinal X et sont montés sur une portion de la paroi 20 du cône 2 formant un tronçon 11 transversal par rapport à l'axe longitudinal X. Le tronçon 11 des organes électriques de dégivrage 5 s'étend en aval du tronçon 10A des interrupteurs électriques dégivrants 7A. La position longitudinale du tronçon 11 des organes électriques de dégivrage 5 est dite par la suite « position de dégivrage de référence Pref ».
- [0066] Dans cet exemple, à la fois les interrupteurs électriques dégivrants 7A et les organes électriques de dégivrage 5 sont montés dans la partie amont 14 du cône 2 et en assurent le dégivrage. Le tronçon 10 des interrupteurs électriques dégivrants 7A s'étend au niveau du bord d'attaque du cône 2, où le flux d'air entrant est décollé de la paroi du cône 2 et forme un point d'arrêt. Le tronçon 11 des organes électriques de dégivrage 5 s'étend quant à lui à l'aval de la partie amont 14, où le flux d'air entrant est attaché à la paroi du cône 2.
- [0067] Alternativement, le tronçon 10A pourrait comprendre un unique interrupteur électrique dégivrant 7A monté selon l'axe longitudinal X au niveau du bord d'attaque. Le cône 2 pourrait également être exempt d'organes de dégivrage 5 et le tronçon 10A d'interrupteurs électriques dégivrants 7A pourrait s'étendre sur tout ou partie de la partie amont 14 du cône 2, assurant seul le dégivrage du cône 2.
- [0068] La [Fig.5] illustre une deuxième forme de réalisation de l'invention, différant de la première en ce que le tronçon 10B d'interrupteurs électriques dégivrants 7B s'étend en aval de la position de dégivrage de référence Pref. Dans cet exemple, le tronçon 10B d'interrupteurs électriques dégivrants 7B s'étend dans la partie aval 15 du cône 2, de préférence au niveau du bord amont de la partie aval 15. Les interrupteurs électriques dégivrants 7B assurent seuls le dégivrage de la partie aval 15 du cône 2. Le tronçon 11 d'organes électriques de dégivrage 5 s'étend quant à lui sur tout ou partie de la partie amont 14 du cône 2 et en assure seul le dégivrage.
- [0069] La [Fig.6] illustre une troisième forme de réalisation de l'invention qui est une combinaison des formes de réalisation des figures 4 et 5. Dans cet exemple, le cône 2 comprend un tronçon amont 10A et un tronçon aval 10B d'interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B s'étendant respectivement en amont et en aval de la position de dégivrage de référence Pref. Le tronçon amont 10A s'étend dans la partie amont 14

tandis que le tronçon aval 10B s'étend dans la partie aval 15 du cône 2.

- [0070] Selon un aspect préféré, les interrupteurs électriques dégivrants 7A du tronçon amont 10A sont dédiés à l'alimentation électrique des organes électriques de dégivrage 4, 5 assurant un dégivrage continu tandis que ceux 7B du tronçon aval 10B sont dédiés à l'alimentation électrique des organes électriques de dégivrage 4, 5 assurant un dégivrage intermittent. La puissance dissipée P_d est ainsi plus importante au niveau du tronçon amont 10A qui est plus exposé au givre.
- [0071] Dans les deux formes de réalisation des figures 5 et 6, le cône 2 pourrait être exempt d'organes de dégivrage 5 et le dégivrage uniquement assuré par les interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B. Dans toutes les formes de réalisation présentées, le cône 2 pourrait également comprendre plus d'un tronçon 10A, 10B d'interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B en amont et en aval de la position de dégivrage de référence Pref.
- [0072] Selon un aspect préféré, dans l'exemple des figures 4, 5 et 6, des ouvertures d'accès 16 sont formées dans la partie aval 15 du cône 2. Les ouvertures d'accès 16 permettent avantageusement de déconnecter électriquement les interrupteurs électriques dégivrants 7A montés dans la partie amont 14 lors d'une maintenance, avant de désassembler la partie amont 14 de la partie aval 15 du cône 2.
- [0073] Dans toutes les formes de réalisation présentées, les interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B sont de préférence vissés à la paroi 20 du cône 2, de manière à assurer une bonne fixation et un transfert thermique par conduction efficace. Comme illustré sur les figures 8 et 9, chaque interrupteur électrique dégivrant 7A, 7B comprend pour cela une ouverture traversante 12 dans laquelle est inséré un organe de fixation 23 qui est fixé à la paroi 20, de préférence au niveau d'une surépaisseur. L'organe de fixation 23 se présente par exemple sous la forme de l'ensemble d'une vis ou d'un goujon avec un écrou.
- [0074] Dans l'exemple de la [Fig.8], une ouverture traversante 24 est formée dans la surépaisseur de la paroi 20 du cône 2. L'organe de fixation 23 est inséré par l'extérieur dans l'ouverture traversante 12, 20 de la paroi 20 et de l'interrupteur électrique dégivrant 7A, 7B. Dans l'exemple de la [Fig.9], une ouverture borgne 25 est formée dans la surépaisseur de la paroi 20, tournée vers la face interne 21. L'organe de fixation 23 est inséré par l'intérieur dans l'ouverture traversante 12 de l'organe électrique dégivrant 7A, 7B puis dans l'ouverture borgne 25 de la paroi 20.
- [0075] Selon un autre aspect préféré illustré sur la [Fig.7] et compatible avec toutes les formes de réalisation présentées, une ou plusieurs bandes conductrices thermiquement 9 sont montées sur la face interne 21 de la paroi 20 du cône 2 en contact avec un interrupteur électrique dégivrant 7A, 7B. Les bandes conductrices thermiquement 9 comportent de préférence de l'aluminium, du cuivre ou du graphène. Ceci permet

avantageusement d'améliorer les échanges thermiques entre l'interrupteur électrique dégivrant 7A, 7B et la paroi 20 du cône 2.

[0076] Selon un aspect préféré, une pâte conductrice thermiquement est disposée entre la paroi 20 du cône 2 et l'interrupteur électrique dégivrant 7A, 7B et/ou la bande conductrice thermiquement 9. Ceci permet d'améliorer les échanges thermiques et de combler d'éventuels défauts de surface entre les deux éléments.

[0077] On décrit par la suite un procédé d'utilisation de l'hélice 1 présentée précédemment, mis en œuvre au sol ou lors du vol de l'aéronef en présence de conditions givrantes ou de manière continue préventive. Le procédé d'utilisation consiste à ce que :

- à partir d'une puissance électrique d'entrée P_e , chaque interrupteur électrique 7A, 7B du système de pilotage 6 répartit une puissance électrique de sortie P_s entre les organes électriques 4, 5 pour dégivrer les pales 3, et de manière optionnelle le cône 2, et émet sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée P_d ,
- Les interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B du système de pilotage 6 transfèrent la puissance électrique dissipée P_d par conduction thermique dans la paroi 20 du cône 2.

[0078] Grâce à leur montage contre la paroi 20 du cône 2, les interrupteurs électriques dégivrants 7A, 7B assurent avantageusement simultanément le refroidissement du système de pilotage 6 et le dégivrage du cône 2.

Revendications

- [Revendication 1] Hélice (1) de turbomachine d'aéronef comprenant un cône (2) et une pluralité de pales (3), le cône (2) s'étendant selon un axe longitudinal (X) orienté d'amont en aval et étant configuré pour être entraîné en rotation par un arbre de la turbomachine d'aéronef, le cône (2) comprenant une paroi (20) avec une face interne (21) et une face externe (22), l'hélice (1) comprenant :
- une pluralité d'organes électriques de dégivrage (4) solidaires d'une paroi (30) des pales (3) afin de les dégivrer,
 - un système de pilotage (6) connecté électriquement aux organes électriques de dégivrage (4) et comprenant au moins un interrupteur électrique (7A, 7B) de rapport cyclique de commutation variable configuré, à partir d'une puissance électrique d'entrée (P_e), pour distribuer une puissance électrique de sortie (P_s) aux organes électriques de dégivrage (4) et pour émettre sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée (P_d),
 - l'hélice (1) étant **caractérisée en ce qu'**au moins un interrupteur électrique (7A, 7B) du système de pilotage (6), dit « interrupteur électrique dégivrant (7A, 7B) », est monté sur la face interne (21) de la paroi (20) du cône (2) de manière à transférer la puissance électrique dissipée (P_d) par conduction thermique dans la paroi (20) du cône (2).
- [Revendication 2] Hélice (1) selon la revendication 1, dans laquelle le ou les interrupteurs électriques dégivrants (7A, 7B) ont un centre d'inertie global (8) appartenant à l'axe longitudinal (X).
- [Revendication 3] Hélice (1) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le système de pilotage (6) comprend une pluralité d'interrupteurs électriques dégivrants (7A, 7B), les interrupteurs électriques dégivrants (7A, 7B) étant disposés sur au moins un tronçon (10A, 10B) du cône (2) s'étendant transversalement par rapport à l'axe longitudinal (X).
- [Revendication 4] Hélice (1) selon la revendication 3, comprenant :
- une pluralité d'organes électriques de dégivrage (5) solidaires de la paroi (20) du cône (2) et disposés sur au moins un tronçon (11) du cône (2) s'étendant transversalement par

rapport à l'axe longitudinal (X) et ayant une position longitudinale (Pref) donnée dite « position de dégivrage de référence (Pref) »,

- les interrupteurs électriques dégivrants (7A, 7B) étant disposés sur un tronçon (10A) dit « tronçon amont (10A) » s'étendant en amont de la position de dégivrage de référence (Pref), ou sur un tronçon (10B) dit « tronçon aval (10B) » s'étendant en aval de la position de dégivrage de référence (Pref).

[Revendication 5] Hélice (1) selon la revendication 3, comprenant :

- une pluralité d'organes électriques de dégivrage (5) solidaires de la paroi (20) du cône (2) et disposés sur au moins un tronçon (11) du cône (2) s'étendant transversalement par rapport à l'axe longitudinal (X) et ayant une position longitudinale (Pref) donnée dite « position de dégivrage de référence (Pref) »,
- les interrupteurs électriques dégivrants (7A, 7B) étant disposés sur un tronçon (10A) dit « tronçon amont (10A) » s'étendant en amont de la position de dégivrage de référence (Pref), et sur un tronçon (10B) dit « tronçon aval (10B) » s'étendant en aval de la position de dégivrage de référence (Pref).

[Revendication 6] Hélice (1) selon la revendication 5, dans laquelle :

- les interrupteurs électriques dégivrants (7A) disposés sur le tronçon amont (10A) sont configurés pour alimenter électriquement de manière intermittente au moins un organe électrique de dégivrage (4, 5) et
- les interrupteurs électriques dégivrants (7B) disposés sur le tronçon aval (10B) sont configurés pour alimenter électriquement de manière continue au moins un organe électrique de dégivrage (4, 5).

[Revendication 7] Hélice (1) selon l'une des revendications 3 à 6, dans laquelle :

- le cône (2) comprend une partie aval (15) configurée pour être couplée en rotation à un arbre de la turbomachine et une partie amont (14) fixée de manière démontable sur la partie aval

(15), et

- au moins un tronçon (10A) s'étend dans la partie amont (14) et/ou au moins un tronçon (10B) s'étend dans la partie aval (15).

- [Revendication 8] Hélice (1) selon la revendication 7, comprenant au moins une ouverture d'accès (16) formée dans la paroi (20) du cône (2) au niveau de la partie aval (15).
- [Revendication 9] Hélice (1) selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les organes électriques de dégivrage (4, 5) se présentent sous la forme d'éléments résistifs ou d'éléments piézoélectriques.
- [Revendication 10] Procédé de dégivrage d'une hélice (1) de turbomachine d'aéronef selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel :
- à partir d'une puissance électrique d'entrée (P_e), chaque interrupteur électrique (7A, 7B) distribue une puissance électrique de sortie (P_s) aux organes électriques de dégivrage (4, 5) pour dégivrer les pales (3) et émet sous forme de chaleur une puissance électrique dissipée (P_d),
 - ledit au moins un interrupteur électrique dégivrant (7A, 7B) transfère la puissance électrique dissipée (P_d) par conduction thermique dans la paroi (20) du cône (2) pour assurer le refroidissement du système de pilotage (6) et le dégivrage de la paroi (20) du cône (2) simultanément.

[Fig. 1]

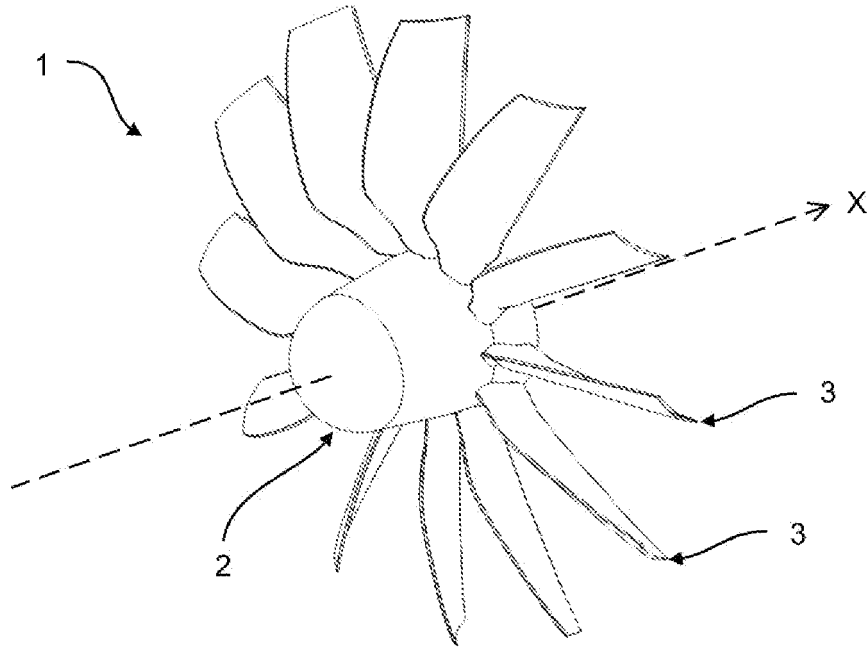


FIG. 1

[Fig. 2]

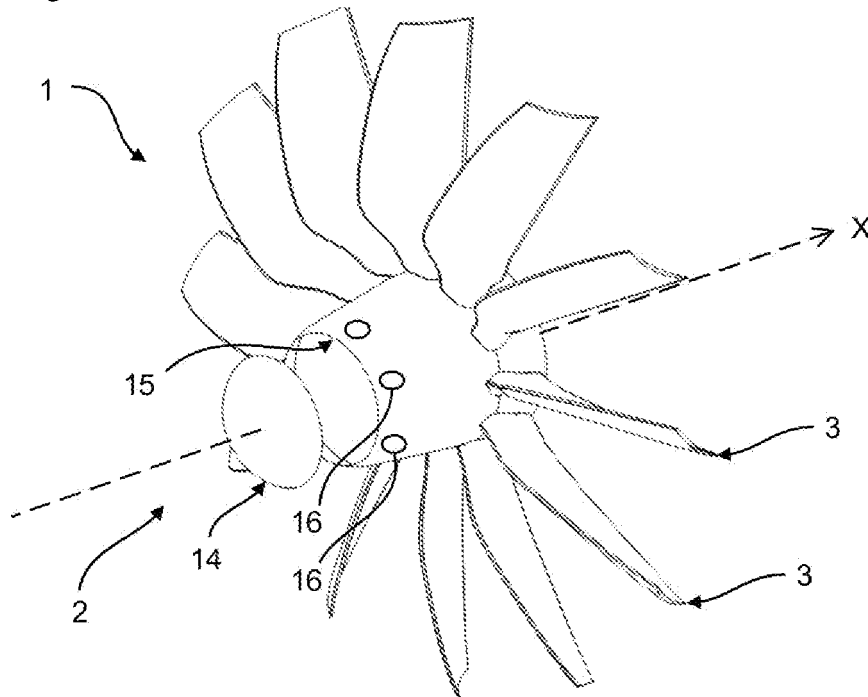
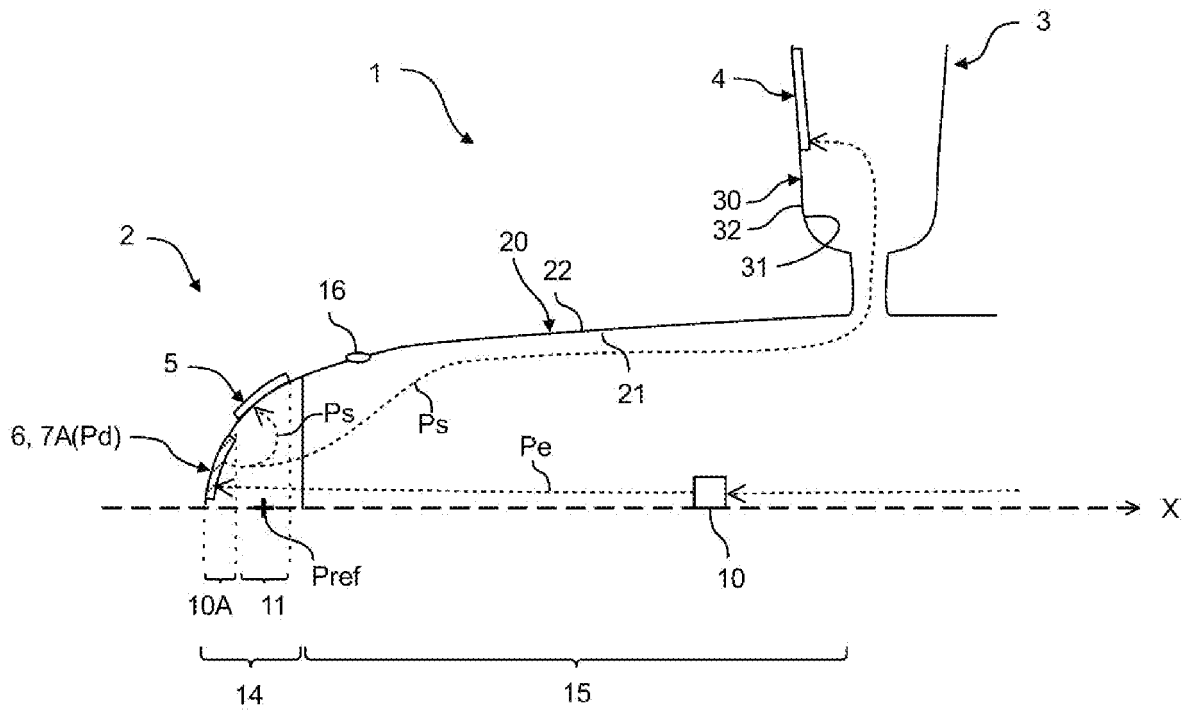
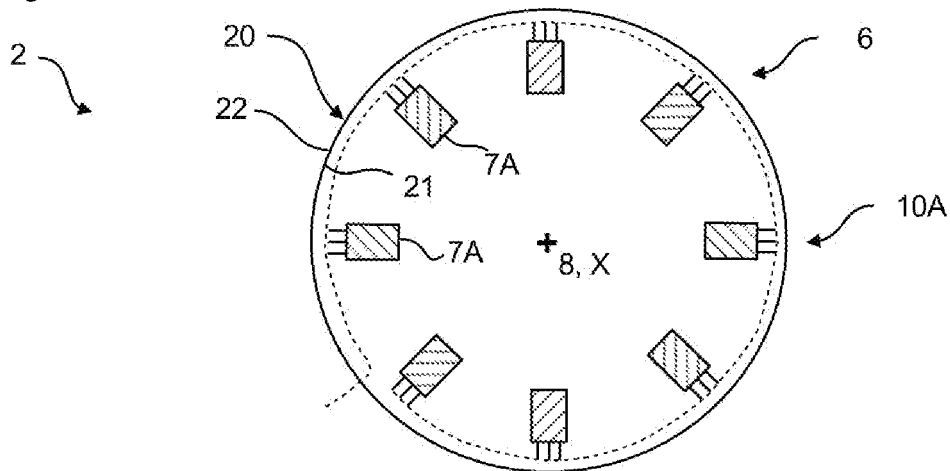


FIG. 2

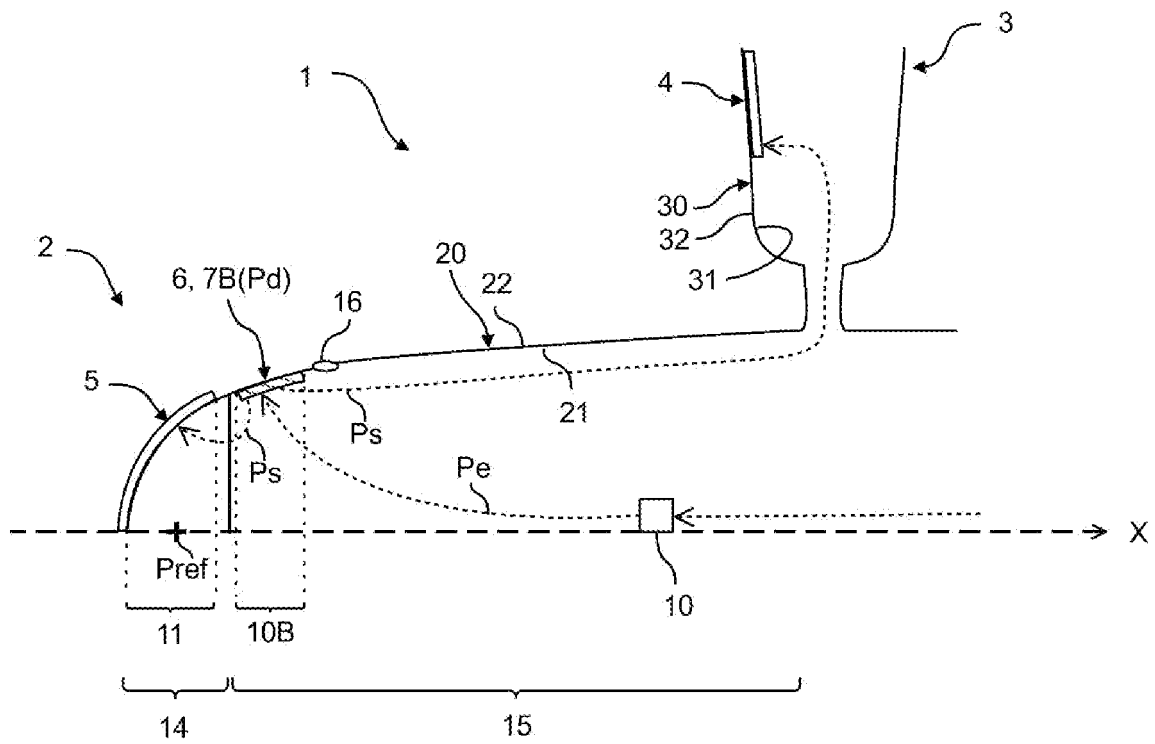
[Fig. 3]

**FIG. 3**

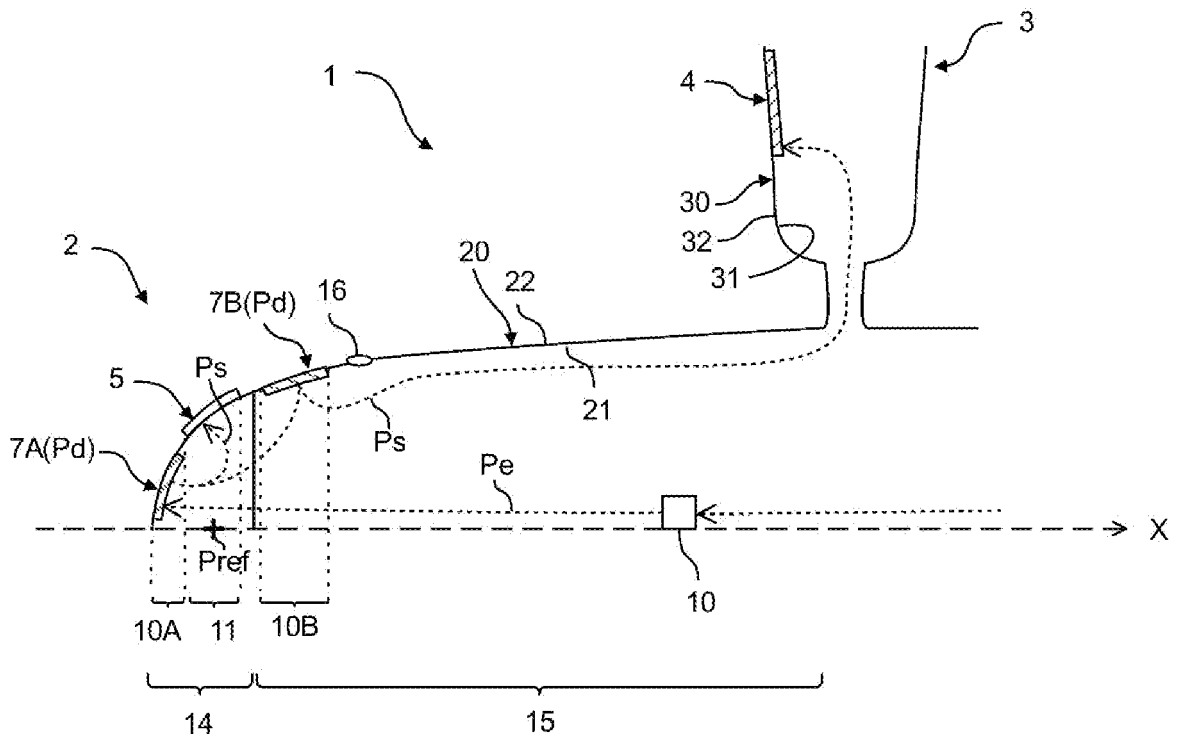
[Fig. 4]

**FIG. 4**

[Fig. 5]

**FIG. 5**

[Fig. 6]

**FIG. 6**

[Fig. 7]

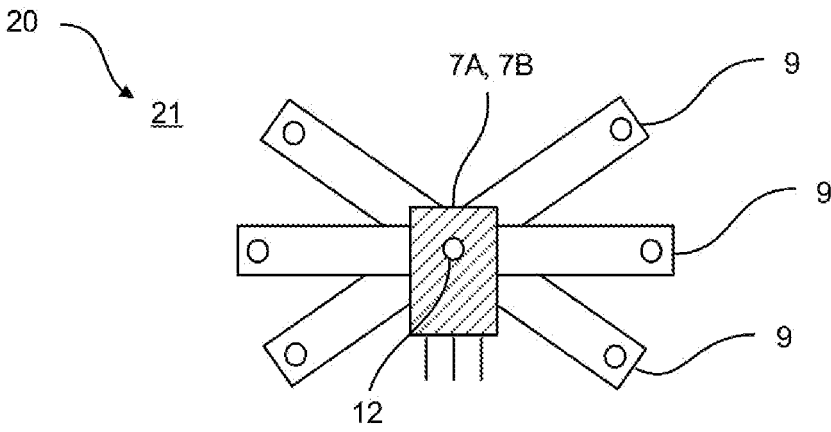


FIG. 7

[Fig. 8]

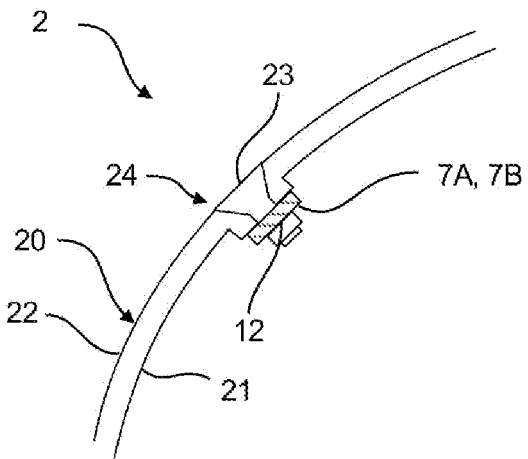


FIG. 8

[Fig. 9]

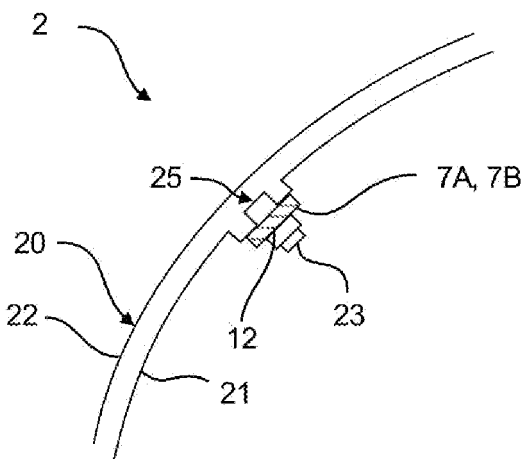


FIG. 9

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 919191
FR 2304651

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 3 135 587 B1 (BOEING CO [US]) 19 juin 2019 (2019-06-19) * alinéa [0041] * * figure 3A * -----	1-10	B64C 11/14 B64D 15/12 F01D 25/02 F02C 7/047
Y	CN 116 095 933 A (UNIV DALIAN TECH) 9 mai 2023 (2023-05-09) * revendication 1 * * figure 1 * -----	1, 2, 8-10	
Y	EP 2 218 643 B1 (ALENIA AERONAUTICA SPA [IT]) 31 août 2011 (2011-08-31) * figure 2 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D B64D F02K F02C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 novembre 2023		Rapenne, Lionel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304651 FA 919191**

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 **27-11-2023**
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 3135587	B1	19-06-2019	CA 2932990 A1	25-02-2017
			EP 3135587 A1	01-03-2017
			US 2017057618 A1	02-03-2017

CN 116095933	A	09-05-2023	AUCUN	

EP 2218643	B1	31-08-2011	AUCUN	
